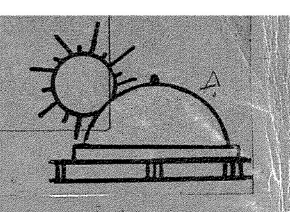
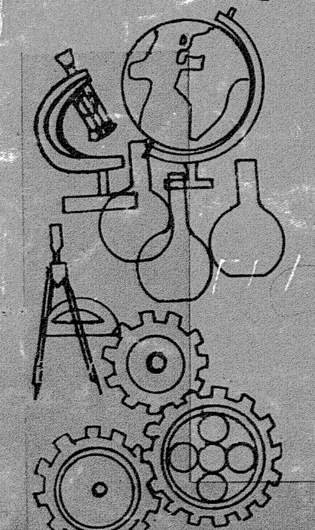




ألوان من الطاقة

تأليف

د. عبد اللطيف أبو السعود





سلسلة
العلم
و
الحياة

٢٩

ألوان من الطاقة

تأليف
د. عبد اللطيف أبو السعود



١٩٩٢

الطاقة والبيئة والآلة

ضغوط المستقبل :

منذ أزمة البترول العالمية ، التى عرفها العالم فى عامى ١٩٧٣ ، ١٩٧٤ ، ذاقت دول العالم الصناعية ، طعم الآثار الاقتصادية والاجتماعيــة ، التى تنشأ عن نقص البترول ، وارتفاع أسعاره ٠

كمــا عرفت شــعوب تلك الدول ، أن طريقتهــم الصناعية فى الحياة ، والتى تعتمد على استهلاك كميات كبيرة من الطاقة ، مهــددة باحتمــال انقطاع امدادات الطاقة ٠ وأن هذه الطريقة يجب تغييرها ، اذا أرادوا ألا يهلكوا تحت تأثير ضغوط المستقبل ٠

تتناقص بسرعة :

تعرف الطاقة عادة بأنها القدرة على أداء شغل ٠

ويتم انجاز معظم العمــل ، فى مجتمعنا ، اليــوم ، عن طريق استئناس موارد الطاقة المحدودة ٠

وبالرغم من أننا نسمع كثيرا عن موارد جــديدة

للطاقة ، سوف تستخدم في مستقبل الأيام ، (مثل طاقة الاندماج النووى ، والطاقة الحرارية الأرضية) ، فان العمل فى حضارة اليوم مرتبط بأنواع الوقود الحفرى (الفحم والزيت والغاز الطبيعى) ، وهى موارد للطاقة تتناقص بسرعة ٠

ان المؤسسات التى أقامها المجتمع لتجعل وجود البشر أمرا ممكنا ، بما فى ذلك تلك التى تهتم بأمور الطب ، والزراعة ، والنقل ، والصناعة ، تعتمد الى درجة كبيرة ، على كميات متزايدة من هذه الموارد المحدودة للطاقة ٠

تلوث البيئة :

واليوم نجد أن الناس يواجهون مشكلة خطيرة ٠

ذلك أنه منذ الثورة الصناعية ، ظلت الدول الصناعية فى سباق لزيادة استهلاك الطاقة ، بسبب زيادة عدد السكان ، ولبناء قواعد عظيمة للقوة السياسية ٠

الا أن هذه الزيادات فى استهلاك الطاقة ، قد تسببت فى تغيرات مدمرة ، فى المناخ الاجتماعى والبيئى لتلك الدول ٠

فالتلوث ناتج لا مفر منه من نواتج استخدام الطاقة ٠

ان محطات توليد القوى الكهربية ، التى تحرق

الفحم ، تطلق الملوثات فى الهواء ، وتحتاج الى كميات كبيرة من المياه للتبريد ، الأمر الذى يؤدى الى ما يعرف بالتلوث الحرارى للمياه ٠

والسيارات تحرق الوقود البترولى بكميات متزايدة ٠ وهى تطلق الملوثات والحرارة فى الجو ٠

وكلما ازدادت كميات الطاقة التى تستهلكها محطات القوى الكهربية والسيارات ، ازداد التلوث الناتج ، وتفاقمت أضراره ٠

وكثيرا ما يؤدى استخدام تكنولوجيا التحكم فى التلوث ، الى استهلاك مزيد من الطاقة ٠

مثال ذلك أن أجهزة التحكم فى التلوث الناتج عن السيارات ، تحتاج الى طاقة فى انتاجها ٠

وعند استخدامها ، نجد أن كميات أكبر من الطاقة، تستهلك لمد السيارة بالقوة المحركة ، ولتشغيل أجهزة التحكم فى التلوث ٠

حلول تكنولوجية :

يجب علينا أن نستبعد مصادر تلوث البيئة ، بدلا من محاولة اختراع حلول تكنولوجية لمشاكل التلوث ٠

وان خفضنا فى استخدام الطاقة ، سوف يحل المشكلتين : مشكلة التلوث ، ومشكلة الحفاظ على المخزون المحدود من أنواع الوقود الحفرى ٠

وفى اوائل السبعينات ، أصدرت وكالات حكومية أمريكية ، تحذيرات بضرورة تطبيق سياسات واسعة المدى ، للحفاظ على الطاقة ، وذلك لتجنب كارثة طاقة قومية ٠

الا أن الحكومة الفيدرالية الامريكية ، قد انتظرت، حتى أصبح النقص فى امدادات البترول حقيقة واقعة (فى أعقاب حرب اكتوبر عام ١٩٧٣) ، لتبدأ فى تنفيذ سياسات الحفاظ على الطاقة ٠

تكنولوجيات لاستخدام الطاقة بكفاءة :

ان سياسات الحفاظ على الطاقة ، سوف تكون ضرورية ، على نطاق واسع ، لتجنب حدوث نقص فى الطاقة ، وفى السلع المنتجة ، الأمر الذى سوف يضر بالاقتصاد ، فى السنوات المقبلة ٠

ويمكن ايجاد استخدامات أفضل للطاقة ، بدلا من الاهدار الواضح لها ، الذى نراه فى نظامنا الاقتصادى الحالى ٠

ان استخدام السيارات لنقل الأشخاص ، وبناء المبانى التى تتسرب منها طاقة التدفئة ، بكميات كبيرة ، الى البيئة المحيطة ، انما هى كماليات لا يطيقها مجتمع اليوم ، الذى يفتقر الى الطاقة ٠

ولذلك ، فانه يجب تطوير تكنولوجيات جديدة ، تمكن من استخدام الطاقة بكفاءة .

ويجب استخدام هذه التكنولوجيات الجديدة بسرعه، لتخفيف وقع الصدمة على البلاد التى تأثرت بأزمة الطاقة .

الطاقة الكلية والطاقة الصافية :

وهناك اعتقاد سائد بأن أزمة الطاقة سوف تختفى، اذا خصصت الدول الصناعية اعتمادات كبيرة ، لاستثمارها فى التكنولوجيات الجديدة ، مثل الانشطار النووى ، ولتطوير أنواع جديدة من الوقود السائل والغازى التركيبى ، من رواسب الأيدروكربونات الصلبة ، مثل الفحم ورواسب الزيت .

الا أن المقتنعين بهذا الرأى ، لا يفهمون العلاقة الاقتصادية ، بين الطاقة الصافية ، والطاقة الكلية .

موارد غير محدودة :

وفى الولايات المتحدة ، نجد أن بعض العلماء والمخططين المتحمسين ، يشيرون الى الموارد غير المحدودة من الفحم ورواسب الزيت ، قائلين بأن برنامجا تكنولوجيا مكثفا ، سوف يمكن الولايات المتحدة من الاعتماد على مواردها الخاصة من الطاقة ، للتنمية الاقتصادية المستمرة ، فى المستقبل .

الا أن الطاقة اللازمة لاستخراج مزيد من الزيت ، والغـاز الطبيعي ، والفحم ، من الارض ، يمـكن أن تكون أكبر من الطاقة الكامنة في موارد الوقود الأرضي نفسها •

وبالرغم من أن كميات احتياطيات الطاقة الحفرية تبدو كبيرة ، الا ان قيمة هذه الطاقة للمجتمع لا يمكن حسابها ، الا اذا طرحنـا منهـا كميـة الطاقة اللازمة لمعالجتها ، وتركيزها ، ونقلها الى المستهلكين •

أن الطاقة التي يمكن للمجتمع أن يستخدمها هي الطاقة الصافية ، التي تتبقى بعد دفع تكاليف الطاقة الثانوية هذه •

وان معظم حسابات الحكومة والصناعة ، عن موارد الطاقة في المسـتقبل ، لا تأخـذ هـذه العـوامل في الحساب • ونتيجة لذلك ، تصبح الحسابات الرسمية ، لمدى توفر الطاقة في المستقبل ، أمرا مشكوكا فيه •

تكنولوجيا الانشطار النووي :

ولعل تكنولوجيا الطاقة ، التي يجري الانفاق عليها أكثر من غيرها ، في الولايات المتحدة ، وفي دول أخرى ، هي تكنولوجيا الانشطار النووي •

وتتلخص هـذه التكنـولوجيا في شـطر ذرات اليورانيوم ، وغيره من الفلزات الثقيلة ، لتوليد الطاقة

الكهربية · ولكن صافى الطاقة الناتجة من هذه العملية، مازال موضع تساؤل ·

ليس هذا فحسب ، ولكن وسائل وقاية البيئة والجماهير ، تبدو غير كافية ، الى درجة كبيرة · ذلك أنه فى تكنولوجيا الانشطار النووى ، نجد أن الجماهير فى أمان ، طالما كان النظام يعمل بطريقة سليمة ·

ولكن اذا حدث حادث فى محطة القوى النووية ، أو فى مصنع معالجة المخلفات ، أو عند نقل المواد المشعة ، يتعرض الناس ، وغيرهم من صور الحياة ، لأشد أنواع السموم المعروفة فتكا ، ويظل بعضها مميتا لآلاف السنين ·

الطاقة المتجددة :

ويبد وأن الطاقة الشمسية هى أكبر نعم الله على الناس ، فهى المصدر الوحيد للطاقة المتجددة ·

ان استخدام الطاقة الشمسية يهيىء الفرصة لتكنولوجيا آمنة ، وأقل تدميرا للبيئة ، التى يمكن أن تزدهر فى عصر ما بعد الثورة الصناعية ·

الا أن الجيل الحالى من العلماء والسياسيين والمخططين ، لم يعطوا اهتماما كافيا لتطوير مجتمع يعمل فى اطار من الثبات البيئى والاجتماعى ·

وفى اندفاع مجنون لاستخراج مخزون الأرض من

المصادر غير المتجددة ، نسي المخططون ، فى عالم اليوم الصناعى ، أن يعملوا حساب الأجيال القادمة ٠

ان الوقت المناسب للتغيير ليس تاريخا فى مستقبل الأيام ، ولكنه فى هذه اللحظة : الآن ٠

ويمكن تجنب الانهيار البيئى والاقتصادى ، اذا قامت المجتمعات الصناعية بتغيير التأكيد الحالى على التنمية الكبيرة ، الى مرحلة انتقالية ، للمحافظة على كوكب الأرض ، وليس لاستغلاله ٠

لقد ولت الأيام التى كان العالم الصناعى فيها مهتما باستغلال الموارد ، ولا يفكر الا فى النمو الاقتصادى ، دون نظر الى امكانات الحياة فى مستقبل الأيام ٠

وان التجاوزات فى العصر الصناعى الحالى ، فى استهلاك موارد الطاقة ، يمكن تصحيحها ، لبدء عصر نهضة جديد ، يلى العصر الصناعى ٠

الآلة الأولى :

ومنذ فجر التاريخ ، بحث الآدميون ، باستمرار ، عن طرق لتسهيل عملهم ، عن طريق استخدام الأدوات ٠

ومنذ حوالى اثنى عشر ألف عام ، الى عشرين ألف عام مضت ، قام سكان الكهوف ، فى جنوب فرنسا

واسبانيا ، برسم صور لما يمكن أن يكون آلة ، أو أداة معقدة ، استخدمها الانسان ٠

فهناك على جدران الكهوف صور لمصائد استخدمت لصيد الحيوانات الكبيرة (الماموث والبيسون) ٠

يدخل الماموث العظيم الى المصيدة ، فتتحرك رافعة، تؤدى الى انهيار عدد من جذوع الأشجار ، تصرع هذا الوحش ٠

الطاقة الحيوية :

وعن طريق استخدام تلك المصيدة ، كان الصيادون الأوائل يجعلون امكانات وجودهم أكثر اشراقا ٠

وعن طريق التخطيط بحرص ، استخدموا الأدوات لقتل الحيوانات ، ولتطوير الطاقة الحيوية المتاحة ، والتى تأتى من ضوء الشمس ، فى صورة غذاء ، للحصول على مزيد من الطاقة ، من الماموث والبيسون٠

لقد كانت هذه العملية هى « أزمة الطاقة » اليومية التى واجهها أجدادنا الأوائل ، وكان الحل الذى توصلوا اليه ، هو استخدام التكنولوجيا ٠

اكتشاف ثورى :

وفى العصر الحجرى ، كان أكثر الاكتشافات حيوية ، هو كيفية اشعال النار عن طريق حك قطعتين من الخشب ، احداهما بالأخرى ٠

لقد كان لهذا الاكتشاف الثورى ـ الذى جاء بمحض الصدفة ـ آثار عديدة فى تاريخ الطاقة .

وقد وصفه المؤرخ الاقتصادى (هارى المر بارنز) بقوله : ومهما كانت الطريقة التى تعلم بها الانسان الأول اشعال النار ، فان التقدم من مرحلة مجرد ابقائها مشتعلة ، الى مرحلة التمكن من اعادة اشعالها اذا انطفأت ، كان يعنى خطوة عظيمة الى الأمام .

ذلك أنه ، بالنسبة للانسان الأول ، كانت النار تعنى الضوء ، والوقاية من البرد ، وعددا من الأشياء الأخرى .

ان النار التى كانت تدفىء جسم الرجل البدائى فى ملاجئه الصخرية ، قد أصبحت تحول خام الحديد الى صورة مصهورة ، فى الفرن اللافح ، كما أصبحت تقطع ألواح الصلب ، كما لو كانت تلك الألواح قد صنعت من الورق ، وذلك عن طريق الشعلة القاطعة .

الطاقة الشمسية :

وكان التقدم البشرى سريعا خلال العصور التاريخية التالية ـ من عصر الأدوات الحجرية الى ما أطلق العلماء عليه اسم فجر الحضارة ، منذ حوالى ثلاثة آلاف أو أربعة آلاف عام مضت .

ويتميز هذا التقدم السريع باستخدام الطاقة

الشمسية ، بطريقة غير مباشرة ، لانتاج الحبوب والحيوانات ، لبقاء الانسان ·

التحكم فى الجو :

وفى أواخر العصر الحجرى ، استخدم الانسان آلات حجرية ، لاستئناس الزراعة ، وعند هذه الخطوة ، حاول الانسان أن يربط طاقته ، مكبرة عن طريق الآلة ، بمصدر الطاقة الشمسية ، ألا وهو المحاصيل المتجددة ·

ونشأت أول مظاهر المجتمعات البشرية الثابتة ، عندما ظهرت ضرورة انشاء المساكن ، لحماية البشر الضعاف من تقلبات الجو ·

وحينذاك ، مست الحاجة الى استخدام تكنولوجيا بدائية أخرى ــ وكانت بدايات « التحكم فى الجو » ·

المساكن الأولى :

وقام الناس ببناء المنازل ، من المواد المحلية المتاحة، مستعينين فى ذلك بأدواتهم البدائية ·

وفى بعض المناطق ، كانت المساكن الأولى مجرد حفر فى باطن الأرض ، مغطاة بفروع الأشجار ، والنباتات ·

وفى مناطق أخرى ، وفى أثناء العصر الحجرى ،

نشأت بدايات العمارة مع تكون المجتمعات الصغيرة ، حيث كان الناس يسكنون في مساكن من الخشب •

وفي مناطق أخرى ، كانت المساكن البدائية تبدو مختلفة • كان بعضها من الطين ، وبعضها من الخيزران، أو من الخشب •

وكانت جميعها مصممة حسب الضرورة ـ لمواجهة الاحتياجات الجوية ، للمناطق التى كانت تقام فيها •

وكانت العمارة تطويعا ذكيا للاحتياجات الجوية ، وكان النجاح يعنى البقاء ، وكان الفشل معناه الفناء •

عصر الحديد :

وكان التقدم التكنولوجى يتلخص فى المقدرة على استخراج المعادن من باطن الأرض ، واستخدام الطاقة الحرارية (النار) لتحويلها الى آلات وأسلحة •

وفي أول الأمر ، جاء النحاس ، ثم تلاه البرونز ، وهو سبيكة بين النحاس والقصدير ، ثم جاء عصر الحديد ، الذى بدأ فى أفريقيا ، أو فى بلاد المشرق ، منذ حوالى ٢٤ قرنا من الزمان •

وفي أوروبا ، بدأ عصر الحديد في المنطقة التى تعرف اليوم بالنمسا ، واستمر منذ القرن الثانى عشر، حتى القرن السادس قبل الميلاد •

وكان هناك عصر حديد فى شمال أوروبا ، استمر منذ عام ٥٠٠ قبل الميلاد ، حتى القرن الاول الميلادى .

المصادر الطبيعية للطاقة :

وقبل عصر الاغريق والرومان ، كانت مصادر الطاقة الهامة الوحيدة ، هى المصادر الطبيعية - قوة المياه الساقطة ، واستخدام الرياح لتسيير السفن .

أما فى الصناعة ، فان مصدر الطاقة المركزى ، كان النار - من احراق الخشب .

وفى محاولة لتقدير قوة طواحين الماء ، التى كانت تستخدم فى الصناعات الأساسية ، والزراعة ، والرى ، وطحن الغلال ، تبين أنه ، فى عام ١٠٦٦م - وهو العام الذى احتدمت فيه معركة هاستنجز - كان هناك فى انجلترا حوالى ثمانية آلاف طاحونة ماء ، تخدم مليون شخص . وكانت كل طاحونة تولد حصانين ونصف . وتقدر هذه الطاقة بحوالى ضعف الطاقة التى بذلها مائة ألف رجل ، قاموا ببناء الهرم الأكبر .

أما الآلة الرئيسية الأخرى ، فى ذلك العصر ، فانها كانت طاحونة الهواء ، التى طورت فى بلاد الفرس ، فى القرن السابع الميلادى .

وبحلول القرن الثالث عشر ، انتشرت طواحين الهواء فى أوروبا ، وأدخل عليها الهولنديون والانجليز تحسينات هامة .

أدوات الحرب :

وفى العالم الغربى، وحتى ظهور الثورة الصناعية، نجـد أن التطـوير فى اسـتخدام الطاقة ، لم يكن فى أهمية التطوير فى اسـتخدام المـواد (انتـاج ادوات معدنية ، وأسلحة معدنية أفضل)، والفنون ، والعمارة ، والتجارة ، والزراعة ٠

وكان استخدام موارد الطاقة محدودا ، كمـا أن استخلاص المعادن لم يؤثر كثيرا فى الانسان العادى ٠

وكان الكثير من أعمال المنـاجم والميـكنة ، فى الحضارات الأولى ــ وفى بلاد الاغريق والرومان عـلى وجه التحديد ــ يهدف الى اتقان صناعة أدوات الحرب٠

وقد أدى اطلاق الطاقة عن طريق النار ، الى تمكين الناس من اشعال نار الحروب ، على نطاق واسع ٠

واستمر التقدم فى استخدام الطاقة ، بأنواعهـا المختلفة ، يسير بخطى حثيثة ٠

انتاج الجازولين من الغاز الطبيعي

يجرى العمل على قدم وساق ، لانتاج عدد من المواد الكيميائية ، التي يمكنها أن تعمل كعوامل مساعدة ، في عدد من العمليات الكيميائية الصناعية الجديدة ـ من بينها انتاج جازولين رخيص الثمن من الغاز الطبيعي .

العوامل المساعدة :

هناك عامل مشترك بين الكائنات الحية ، وبين المجتمع الصناعي الحديث ، اذ يعتمد كلاهما على العوامل المساعدة ، الى درجة كبيرة .

والعوامل المساعدة هي مواد تضاف بمقادير صغيرة ، الى النظم الكيميائية المتفاعلة ، لزيادة سرعة التفاعلات الكيميائية ، دون أن يحدث لهذه المواد المضافة أي تغيير .

وفي جسم الانسان ، نجد عددا من العوامل المساعدة ، التي يطلق عليها اسم الانزيمات ، وهي تمكن الجسم من القيام بعملية هضم الطعام ، وتحريك العضلات ، وبناء الأنسجة ، وتخزين الطاقة ، والقيام بجميع العمليات الحيوية الأخرى .

أما فى الصناعة ، فنجد أن الانزيمات تساعد فى عدد من الصناعات الغذائية ، فهى تحول اللبن الى جبن، وتحول السكر والنشاء الى كحول ٠

ولما كانت الانزيمات ضعيفة ، ولا تعمل الا تحت ظروف دقيقة ، فقد بدأ استبدالها بعوامل مساعدة ، من صنع البشر ، تستخدم فى معظم العمليات الصناعية ٠

ولولا هذه المواد المساعدة ، ما أمكن للصناعة أن تنتج ، على نطاق كبير ، منتجات هامة ، مثل الجازولين، وزيت الوقود ، والمواد المانعة للتجمد ، والأسمدة ، ودهون الطهى ، والأقمشة ، واللدائن ، وغيرها ٠

ويقرر بعض العلماء ، أنه فى الولايات المتحدة وحدها ، يجرى صنع منتجات تبلغ قيمتها ٧٥٠ مليونا من الدولارات ، كل عام ، بالاستعانة بالعوامل المساعدة ٠

سهولة لا يصدقها العقل :

وبالرغم من النجاح الهائل ، الذى حققته العوامل المساعدة ، التى هى من صنع البشر ، ظل الكيميائيون عشرات السنين ، ينظرون بعين الحسد ، الى الانزيمات الطبيعية ، التى تقوم بعملها بسهولة لا يصدقها العقل٠

اذ يمكن للانزيم أن يقوم بتقسيم جزىء ، عند نقطة معينة ، ثم يقوم بوصل جزيئين بطريقة معينة ، أو نقل مجموعة من الذرات من جزىء الى آخر ٠

ويقوم الانزيم بتلك العمليات بدقة فائقة ، بحيث لا ينتج عن تلك العمليـات الا الكميـة اللازمة ، من المنتج المطلوب ·

واليوم نجد أن علماء الكيمياء قد بدأوا في اللحاق بالطبيعة ·

وحتى عهد قريب ، كنت ترى العلمـاء يختبرون مئات المواد ، بل آلافا منها ، على أمل أن يجدوا بينها عاملا مساعدا يقوم بالعمل المطلوب ·

الهندسة الجزيئية :

واليوم بدأت في الظهور طريقة جـديدة لانتـاج المواد المساعدة ·

ويرجع الفضل في ذلك الى تمكن العلماء من فهـم التفاعلات الكيميائية ، بطريقـة أحسن ، والى صـنع أجهزة جديدة ، تمـكن العلمـاء من مراقبة العمليـات الكيميائيـة ، التى تقـوم العـوامل المسـاعدة بزيادة سرعاتها ، كمـا يرجع الفضـل في ذلك الى ازدياد قوة أجهزة الكمبيوتر ·

ويطلق على ذلك اسم الهندسة الجزيئية · وهـذه الهندسة تساعد الباحثين في الوصول الى هدفهم الذى سعوا اليه طويلا ، ألا وهو صنع عوامل مساعدة ، تعمل بكفاءة ، مثلها في ذلك مثل الانزيمات ·

أما الدكتور (هنرى تاوبه) أستاذ الكيمياء في

جامعة ستانفورد ، ومستشار شركة (كاتاليتيكا) ، وهى شركة رائدة فى هذا المجال ، فانه يرى أن الكيميائيين قد وصلوا ، فى كثير من الحالات ، الى النقطة التى يمكن عندها فهم العلاقة بين التركيب الكيميائى ووظائف المواد ، كما أصبح فى امكانهم عمل تركيبات معقدة للغاية ، بعد أن كان ذلك أمرا شديد الصعوبة من قبل ٠

وينتظر العلماء من الهندسة الجزيئية ، أن تجعل العمليات الكيميائية الحالية ، أبسط مسارا ، واقل فاقدا ٠

ليس هذا فحسب ، بل انها سوف تمكن المنتجين من انتاج مواد خام لمنتجات جديدة :

لدائن تقاوم النار الى درجة كبيرة ، أو شرائح أصغر حجما للصناعات الالكترونية ، وغير ذلك ٠

الجازولين من الغاز الطبيعى :

ويهدف أحد المشروعات الطموحة ، لتصميم المواد المساعدة ، الى الاستفادة من الغاز الطبيعى ، كمصدر للجازولين ، وغيره من أنواع الوقود والكيماويات ٠

ذلك أن عددا كبيرا من خبراء استراتيجيات البترول ، على المدى الطويل يتوقعون أن ترتفع أسعار البترول مرة أخرى ، بمرور الوقت ٠

وهم يعتقدون أن أى شركة تنجح فى تصميم طرق تعمل بالعوامل المساعدة ، لتحويل غاز الميثان (وهو

المكون الرئيسى للغاز الطبيعى) ، الى الكحول الميثيلى ، فى خطوة واحدة ، فى موقع البئر ، سوف تحقق مدة الشركة مكاسب هائلة ٠

وهناك عوامل مساعدة يمكنها أن تقوم بالخطوة التالية ، وهى تحويل الكحول الميثيلى الى جازولين ، ذى درجة أوكتين عالية ٠

وفى نيوزيلاندا ، بدأ العمل فى أول مصنع تجارى، يستخدم المواد المساعدة لهذا الغرض ٠ الا أن الطريقة المستخدمة فى هذا المصنع ، طريقة مكلفة ، وتستهلك كميات كبيرة من الطاقة ، لتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلى ٠

عامل مساعد جديد :

ولكن هناك عامل مساعد جديد ، أنتج بطرق الهندسة الجزيئية ، يمكنه أن ينتج الكحول الميثيلى من الغاز الطبيعى والهواء ، بطريقة بسيطة ورخيصة ٠

كما يمكنه أن ينتج الكحول الميثيلى من الفحم ، بعد تحويله الى غاز ، أو حتى من الكتلة الحيوية ، مثل أعواد الذرة ، وقطع الخشب ، والقمامة ، وأنواع أخرى من المخلفات الزراعية ، وهذا يقلل الاعتماد على المصادر التقليدية للبترول ٠

وهناك مصانع صغيرة يمكن نقلها ، وتركيبها عند مواقع آبار الغاز الطبيعى البعيدة ، لصناعة الكحول الميثيلى بجوارها ٠

ثم يمكن بعد ذلك نقل هذا الحكول بالسيارات أو السفن ، بتكاليف تقل كثيرا عن تكاليف اسالة الغـاز الطبيعى ، ونقله ، باستخدام ناقلات خاصة ، الى مواقع خاصة لتخزينه ، مبردة وعالية التكاليف ٠

وهناك مواد مساعدة ، يمكن استخدامها لانتـاج مجموعة من المواد الكيميائية المفيدة ، من الغاز الطبيعى ، بطريقة بسيطة ، وبتكاليف محدودة ٠

فى خطوة واحدة :

ان الهندسة الجزيئية اللازمة لانتاج هذه المـــواد المساعدة ، التى تبدو للناس مواد سحرية ، قد أصبحت حقيقة واقعة ٠

ذلك أن عددا من هذه العوامل المساعدة ، يستخدم اليوم على نطاق واسع ، لزيادة كمية الجـازولين التى تستخرج من برميل من الزيت ، وانتاج بعض الأدوية ، فى خطوة واحدة ، وانتاج مادة جاذبة جنسية ، تجذب الحشرات الى حتفها ٠

ويرى الدكتور (تاوبه) أن شركة (كاتاليتيكا) أمامها فرصة جيدة للوصول الى الاقتحام الكبير ، لتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلى ٠

وعلماء الكيمياء يعرفون أن ذلك يمكن تحقيقه ٠

فهناك كائنات دقيقة ، تحول غاز الميثان الى كحول

ميثيلى ، فى خطوة واحدة ، والمعـروف أن الكيميائيين يستعيرون الأفكار من الكائنـات الدقيقة ، فى بعض الأحيان .

سباق نحو الهدف :

وحتى تتمكن شركة (كاتاليتيكا) من أن تسبق شركات النفط العملاقة ، والشركاتالكيميائية الكبيرة، مثل شركة اكسون ، وشركة شيفرون ، وشركة موبيل، وشركة ديبون ، وشركة مونسـانتو ، التى تتسـابق للوصول الى نفس الهدف ، نجد ان شركة (كاتاليتيكا) قد جمعت مجموعة كبيرة من البـاحثين ، تضم خمسـة وعشرين باحثا من الحاصلين على الدكتوراه ، وخصصت للمشروع خمسـة وعشرين مليـونا من الدولارات ، جمعتها من ثلاثة من شركات الاستثمار .

وقد أعلنت شركة (كاتاليتيكا) عن عزمهـا عـلى التحرك بسرعة ، نحـو تجـارب المصـنع التجـريبى Pilot Plant ، باستخدام عواملهـا المساعدة الجديدة، وذلك عن طريق اختيار مدير انتاج ذى خبرة كبيرة ، وهـو (ريتشـارد فلمنج) ، المدير السـابق لشركة (جاف GAF) ، ليكون مديرا للشركة .

أما (جيمس كوزومانو) ، المدير السابق لأبحاث العوامل المسـاعدة فى شركة (اكسـون) ، والذى قام بتأسيس شركة (كاتاليتيكا) ، فانه قد تقدم الى مركز

الرئيس العام للشركة ، ليخلى مكانا للسيد (فلمنج) ٠

والمديرون التنفيذيون فى شركة (كاتاليتيكا) يشعرون بأنهم متقدمون على منافسيهم من الشركات الكبيرة ٠

ويرجع السبب فى ذلك الى أن شركتهم قد بدأت مبكرة ، قبل غيرها ، فى ابحاث الهندسة الجزيئية للمواد المساعدة ٠

ويرى (جون سينفلت) الكيميائى بشركة اكسون، أن العديد من الشركات الكبيرة ، تتمنى لو كان لها ما لشركة (كاتاليتيكا) من مقدرة على البحث العلمى ٠

مبيعات كبيرة :

وحتى اليوم ، وبغض النظر عن الدراسات التى تجريها شركة (كاتاليتيكا) لعمل مواد مساعدة لبعض العملاء ، نجد أن المنتجات الوحيدة لهذه الشركة هى المجسات sensors ذات العامل المساعد ، المصممة لقياس تركيز أول أوكسيد الكربون فى غازات المداخن، وذلك لمساعدة المصانع على جعل عمليات الاحتراق فيها أكثر كفاءة ٠

ويعتقد البعض أن مبيعات هذه الشركة قد بلغت حوالى مليونى دولار فى العام ٠

ولكن المديرين التنفيذيين لهذه الشركة ، يتحدثون

عن عائدات سنوية ، تبلغ مائة مليون دولار ، خلال عدة أعوام ، وذلك من خلال مبيعاتها من العوامل المساعدة المستحدثة ، ومن مشروعات استثمارية بالاشتراك مع شركات اكبر ، تلك المشروعات التى سوف تصبح شركة (كاتاليتيكا) بمقتضاها شريكا فى مصانع كيميائية ، تستخدم فيها عواملها المساعدة ٠

وفى البداية ، سوف تستخدم هذه الشركة عواملها المساعدة لزيادة الانتاج ، وتحسين نوعية الكيماويات المستخدمة فى صناعة الأدوية ، والأغذية المعلبة ، وأنواع الوقود ، واللدائن ٠

وفيما بعد ، سوف تركز الشركة على صناعة عوامل مساعدة جديدة ، يمكنها آن تستخدمها فى انتاج مواد غير موجودة فى الوقت الحالى ــ مثل لدائن لها خواص غير عادية ، على سبيل المثال ٠

وقد ذكر (كوزومانو) أنهم يستعدون لقفزة هائلة ، لا لمجرد تحسينات هامشية ٠

طرق التسخين والضرب :

والهندسة الجزيئية ، كما تمارسها شركة (كاتاليتيكا) ، أو أى جهة أخرى ، تعتمد على المعلومات التى يحصل عليها الكيميائيون من مصادر بيولوجية ، مثل الانزيمات ، كما تعتمد على معلومات جديدة ، عن الطريقة التى تسير بها التفاعلات الكيميائية ٠

وشـأنها فى ذلك شـأن الكيمياء كلها ، نجـد أن العوامل المساعدة ، القديم منهـا والحـديث ، تتضمن كسر الروابط الكيميائية ، وتكوينها ٠

والفرق بين العوامل المساعدة التى أنتجتها الهندسة الجزيئية ، وبين العـوامل المسـاعدة القـديمة ، هى الرشاقة التى تتميز بها العوامل المساعدة الجـديدة ، عند قيامها بعملها ٠

ذلك أن العوامل المساعدة القديمة كانت تعتمـد على ما يسميه علماء الكيمياء ، بطرق التسخين والضرب، تلك الطرق التى كانت تستخدم درجة حرارة عالية ، وضغطا عاليا ، لتنتج ، فى معظم الأحوال ، مزيجا من النواتج غير المرغوب فيها ٠

والمعـروف أن ثلاثين فى المائة من الاستثمارات ، فى المصانع الكيميائية ، فى يومنا هذا ، انما يخصص لتخليص النواتج من تلك المنتجات غير المرغوب فيها ٠

ويهدف العلماء اليوم الى خفض استهلاك الطاقة ، والمواد الخام ، وانتاج نسبة أقل من المواد غير المرغوب فيها ٠

مثال ذلك أن تحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلى، سوف يجرى بنفس الطريقة التى تجرى بها الكائنات الدقيقة هذا التحويل ، بدون درجة حـرارة عاليـة ، وبدون ضغط عال ٠

حفز التفاعلات الكيميائية :

ولتكوين عامل مساعد ، بطرق الهندسة الجزيئية ، يقوم علماء الكيمياء أولا بالتعرف علـى مجموعة من المواد ، لها الخصائص الكيميائية والفيزيائية المطلوبة ·

ثم يقومون بتخليق هذه المواد ، باستخدام أدوات جديدة ، مثل أجهزة الرنين المغناطيسى النووى، المعروفة باستخداماتها في تشخيص الأمراض ، ومثـل نوع من مطيـاف امتصـاص الآشـعة السينية ، وذلك لمراقبـة التفاعل المحفوز بالعوامل المساعدة ، أثنـاء تقـدمه ، ولتحليل كيميائه ·

ويرى السيد (راسل كيانللى) ، الباحث الرئيسى فى شركة اكسون للبحث والهندسة ، أنه فى كل عام ، يتمكن العلمـاء من رؤية الأشياء عنـد مستوى أدق · وهـذا يجعـل حفز التفاعلات الكيميائية ، بالعوامل المساعدة ، أمرا أكثر اثارة ·

ان التفاعلات الكيميائية المحفوزة ، التى كانت ، منذ سنوات قليلة ، سرا من الأسرار الدفينة ، أصبح من الممكن تفسيرها ·

وفى كثير من الأحوال ، لم يعد العلماء يحتاجون الى الاستفسار عن أى العوامل المسـاعدة أفضل لتفاعل معين ، لأنهم باتوا يفهمون القواعد التى تحدد الاختيار الصحيح ·

والعامل المساعد يشبه قائد الفرقة الموسيقية ، الذى يقدم لنا الموسيقى الشجية ، دون ان يحدث صوتا .

وكما تقود عصا واحدة عددا كبيرا من الموسيقيين، فان حفنة من العامل المساعد ، تقود التفاعلات الكيميائية لأطنان من المواد .

والنسبة بين العامل المساعد والمنتج النهائى ، يمكن أن تصل الى رطل واحد لكل ٥ر٢ مليون جالون .

ان ما يحدث في التفاعل المحفوز ، انما هو انتاج سريع ومتكرر ، لجزيئات معينة ، بحيث يتبع هذا التفاعل دورة متوازنة من الخطوات الأولية .

على أن أهم أساسيات الموضوع ، هو تبادل الالكترونات بين العامل المساعد ، والمادة التى يتفاعل معها .

وهذه التفاعلات الالكترونية ، تضعف الروابط الكيميائية ، وتكسرها ، وتعيد بناءها .

والعوامل المساعدة لا تفقد الكتروناتها ، ولكنها تقرضها للمادة المتفاعلة ، ليس الا .

والنشاطية الحفازة تكمن عند سطح العامل المساعد ، الذى هو ، في أغلب الأحوال ، مركب فلزى.

وكثيرا ما تقوم الذرات الفلزية بدور العوامل

المساعدة ، لأن الكثير منها يستقبل الالكترونات ، أو يعطيها لغيرها من المواد ، بسهولة ٠

نواتج مختلفة :

والعوامل المساعدة المختلفة ، تمكن الكيميائيين من انتاج نواتج مختلفة ، من نفس المادة التى بداوا بها ٠

مثال ذلك ان الكحول الايثلى المصبوب على أوكسيد الألومينيوم ، يتحول الى غاز الاثيلين ٠

أما اذا لامس جسيمات النحاس المعلقة الى درجة عالية، فان الكحول الاثيلى يتحول الى مركبالأستيالدهيد وهو مادة كيميائية ، ذات رائحة نفاذة ، تستخدم فى صناعة اللدائن ٠

وعندما يعامل الكحول الاثيلى بعامل مساعد ، يسمى الزيوليت ، فانه يتحول الى جازولين ٠

الزيوليتات :

توجد هذه المواد ، فى الطبيعة ، فى الصخور البركانية ، وكرواسب من المواد الشبيهة بالطفلة ، وهى أكثر العوامل المساعدة ، المتعددة الأغراض ، استخداما فى الصناعة ، على نطاق واسع ٠

وهى احدى هدايا الطبيعة للكيميائيين ، لأنها ،

من وجوه كثيرة ، المثل الذى يجب أن يكون عليه العامل المساعد .

تتكون الزيوليتات من ثانى أوكسيد السيليكون ، وكميات صغيرة من الألومنيوم ، ولها هندسة جزيئية محددة جيدا ، بها ثقوب ، وقنوات ، وكهوف دقيقة .

وبسبب هذه الهندسة الدقيقة ، نجد أن الزيوليتات تقدم مساحات واسعة للغاية ، تسمح للعامل المساعد بالقيام بعمله .

وتبلغ هذه المساحات عدة مئات من الأمتار المربعة لكل جرام من الزيوليت .

وحسب حجم هذه القنوات وشكلها ، فانها تسمح بمرور بعض الجزيئات دون غيرها .

درجة أوكتين عالية :

ولو كان هذا كل ما فى الأمر ، لأمكن استخدام الزيوليتات كمناخل ، تقوم بترشيح الجزيئات ذات الحجوم المختلفة .

وفى الواقع ، كان هذا هو المقصود منها ، عندما أدخلتها شركة (يونيون كاربيد) الى الأسواق ، فى أواخر الخمسينات .

وسرعان ما لاحظ (بول وايز) ، أحد علماء

شركة (موبيـــل) النابهين ، ان مســـام عـــدد كبير من الزيوليتات ، تناسب حجوم وأشكال جزيئات النفط ٠

وبدأ فى دراسة الزيوليتات كمواد مساعدة ممكنة، على أساس أن ذرات الآلومنيوم ، داخل قنوات الزيوليت، سوف توتر ، بطريقة حفازة ، على جزيئات نوعيـــه ، بحيث تصل بينها فى بعض الأحـــوال ، وتفصـــلها فى أحوال أخرى ٠

مثال ذلك أن العالم (وايز) ، وعـــددا غيره من علماء شركة (موبيل) ، وجدوا أن الزيوليتات تكسر الأيدروكربونات ، فى النفط الخام ، الى جازولين ذى درجة أوكتين عالية ٠

وبدأوا فى البحث عن زيوليتات تركيبية ، باستخدام طرق الهندسة الجزيئية ٠

زيادة الانتاج بنسبة أربعين فى المائة :

ويتلخص النجاح الأول لعلماء شركة (موبيل) فى توصلهم الى عامل مساعد تركيبى ، يستخدم فى عملية التكسير ٠

وقد طرح هذا العامل المساعد فى الأسواق ، فى عام ١٩٦٢ ، وأدى الى زيادة انتاج الجازولين بنســبة أربعين فى المائة ، بدون تغيير فى عدد وحدات التكسير ٠

واليوم نجد أن تسعين فى المائة من وحدات التكسير المحفوز ، فى معامل تكرير النفط ، فى معظم بلاد العالم ، تستخدم الزيوليتات ، التى أصبحت صناعة تبلغ قيمة انتاجها ٢٥٠ مليونا من الدولارات ، فى العام ·

وقد تمكنت بعض الدول ، من التغلب ، الى درجة كبيرة ، على آثار حرب النفط ، التى شنتها الدول العربية ، فى عام ١٩٧٣ ، عندما قامت بانتاج جازولين اضافى ، عن طريق استخدام الزيوليتات ·

عوامل مساعدة مفيدة :

ومنذ أوائل الستينات ، تمكن علماء شركة (موبيل) من تخليق أكثر من خمسين نوعا من الزيوليتات ، وحولت ما يقرب من عشرة منها الى عوامل مساعدة مفيدة ·

ومازال هؤلاء العلماء يبحثون عن استخدامات جديدة ، لأكثر منتجاتهم استخداما ، وأوسعها انتشارا ، ذلك الذى أطلقوا عليه اسم ZSM - 5

وهو يستخدم فى صور مختلفة ، فى عشر عمليات مختلفة ، لتحسين منتجات النفط ، والمنتجات الكيميائية ، ولصناعة أنواع الوقود التركيبى ·

تحويل الغاز الطبيعي الى جازولين :

والمنتظر ان يقوم مركب ZSM-5 بتحويل الكحول الميثيلى الى جازولين ، ذى درجة أوكتين عالية ، فى مصنع نيوزيلاندا ، الذى قامت ببنائه شركة (بشتل) ، بالاشتراك مع شركة (موبيل) لحساب شركة نيوزيلاندا للوقود التركيبى ·

وسوف يقوم هذا المصنع بانتاج ثلث احتياجات البلاد من الجازولين ، من الغاز الطبيعى ·

وفى هذا المصنع ، ينتج الكحول الميثيلى بالطرق التقليدية ، ثم يقوم مركب ZSM-5 بتحويل جزيئات الكحول الميثيلى الصغيرة ، الى جزيئات جازولين اكبر حجما ، فى داخل قنوات هذا العامل المساعد المسامى ·

أما العامل المساعد الذى تنتجه شركة (كاتاليتيكا) لتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلى ، فانه من المنتظر أن يساعد هذا العامل المساعد على تخطى مرحلة (التسخين والضرب) الأولى فى العملية ، الأمر الذى يجعل من الممكن القيام بهذا العمل بطريقة اقتصادية ، الى درجة أكبر ·

انتاج مواد أخرى :

ان ما لمركب ZSM-5 من مقدرة مدهشة على تكوين جزيئات الجازولين ، ولا شئ غيرها ، لم يكن

نتيجة لتصميم مقصود ٠

الا أن علماء الكيميـــاء فى شركة (موبيــل) قد تمكنوا من تخليق أنواع من مركب ZSM - 5 ، تمــكن العلماء من ايقاف عملية تحــويل الكحــول الميثيلى الى جازولين ، لانتــاج الايثلين والبروبيلين بدلا منـــه ، وهما مركبان مفيدان فى صناعة البتروكيماويات ٠

ويرى أحد الكيميائيين العاملين فى شركة (موبيل) أن لديهم الآن مصنعا للكيماويات ، يدار حسب الحاجة ٠

ان قصـــة الزيوليت لم تنته بعــد ٠ ويرى بعض الكيميائيين أن مئات التركيبات الجديدة من الزيوليتات، سوف يمكن تخليقها ٠

كسر الروابط :

ان أحد المفاتيح المؤدية الى العامل المساعد الذى يقوم بتحويل غاز الميثان الى كحول ميثيلى ، والى عمليات تحويل أخرى يشترك فيها الغاز الطبيعى ، هو أن يقوم مهندسو المواد المساعدة بتعلم كيفية كسر الروابط بين ذرات الكربون والهيدروجين ، أو اضعافها ، وذلك فى مكونات الغاز الطبيعى ، عند نقطة دقيقة ٠

وحتى اليوم ، نجد أن الكيميائيين الذين يحاولون تحويل الغاز الطبيعى ، الى أنــواع أخــرى من الوقود والكيماويات ، يعوقهم فى عملهم عدم ثبات الجزيئات

التى تتكون فى الطريق ، ويستمر التفاعل فى السير فى اتجاهات لا يرغب فيها الكيميائيون ، حيث أنها تعطى منتجات غير مطلوبة ٠

وقد بدأ العلماء ، مؤخرا ، يتعلمون من نظم الانزيمات الطبيعية ، كيف يتغلبون على هذه العقبة ٠

انهم يتعلمون من الانزيمات :

ان بعض مزاولى هذا العلم الجديد للمحاكاة الحيوية ، الذى يهدف الى اضافة ما نتعلمه من الانزيمات ، الى العوامل المساعدة التى هى من صنع البشر ٠ قد قطعوا شوطا فى أبحاثهم ٠

لقد وجدوا أن الانزيمات لها ميكانيكية للتخلص من الجزيئات غير الثابتة ، وايقاف التفاعل عند نقطة معينة ٠

وبعد مجهود دام عشرة أعوام ، نجح الدكتور (جيمس كولمان) ، أستاذ الكيمياء فى جامعة ستانفورد، وأحد مستشارى شركة (كاتاليتيكا) فى تخليق عامل مساعد ، يقوم بمحاكاة ما تقوم به الانزيمات ٠

ومازال تصميم العوامل المساعدة عملا معقدا الى درجة كبيرة ، ومازال عدد كبير من التفاعلات المحفوزة غير مفهوم بدرجة كافية ٠

ولكن الكيميائيين لا يجدون فيما تمكنوا من تعلمه

فى المعامل ، وما أمكن تطبيقه فى المصـانع ، شـيئا ثوريا .

ويقول الدكتور (بروسى جيتس) مـدير مركز علوم وتكنولوجيا المواد المساعدة ، فى جامعة ديلادير : ان هذه ليست الا البداية ، ولكنها تشير الى ما ينتظر أن يتوصل اليه العلماء فى المستقبل .

الطاقة النووية

البحث عن موارد جديدة :

عندما تبين أن مصادر الطاقة المختلفة ، من فحم وبترول وغاز ، سوف تنفذ بعد عـدد من السـنوات ، قدره البعض بخمسـين عاما ، شرع العلماء فى البحث عن موارد جديدة للطاقة ·

وفى عام ١٩٤٥ ، فجر الأمريكيون أول قنبلة ذرية، فى صحراء نيومكسيكو · فرأى فيها العلماء بشـائر طاقة جديدة ، لا يعرف أبعادها الا الله ·

ثم بدأ العلماء فى اقامة المفاعلات النووية : يجرى فيها اطلاق الطاقة النووية ، وتحويلها الى طاقة حرارية، تستخدم فى توليد الكهرباء ·

جهز العلماء هذه المفاعلات النـووية ، بأحـدث ما قدمته التكنولوجيـا الحـديثة من وسـائل الأمان · وسار كل شيء على أحسن حال ·

كانت هنـــاك بعض الصـعوبات فى التخلص من

النفايات النووية . ولكن أحدا لم يكن يعرف ما يخبئ القدر من مفاجآت .

الرعب النووى :

وفى أحد أيام شهر مارس من عام ١٩٧٩ ، طالعتنا صحف الصباح بأخبار مثيرة : لقد وقع حادث خطير لمفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووى ، بولاية بنسلفانيا الأمريكية .

لقد تعرض نظام التبريد ، فى هذا المفاعل ، لخلل مفاجىء : ذلك أن فقاعة غاز قد اعترضت نظام التبريد ، الأمر الذى هدد قلب المفاعل بالانصهار الكامل ، أو الانفجار ، أو تسرب الاشعاعات القاتلة الى المنطقة المحيطة به .

وفى ٢ أبريل من عام ١٩٧٩ ، أعلنت السلطة المحلية والفدرالية ، فى ولاية بنسلفانيا الأمريكية ، حالة الطوارىء القصوى ، لمواجهة احتمالات الكارثة النووية ، التى قد تترتب على انفجار المفاعل النووى، فى محطة (ثرى مايل آيلاند) النووية .

واستعدت السلطات للقيام بأكبر عملية اجلاء للمدنيين ، تتم فى وقت السلم ، لنقل ما يقرب من مليون شخص ، من سكان المقاطعات الست للولاية ، الذين يعيشون فى مساحة تزيد عن ٣٢٥٥ كيلومترا مربعا .

اخطار الاشعاعات الذرية :

عرفت السحابة الذرية ، لأول مرة ، عام ١٩٤٥ ، بعد أول تجربة للقنابل الذرية ، فى صحراء نيومكسيكو الأمريكية ٠

ولكن لم يعرف العلماء مدى انتشارها ، واثارها ، الا فى العام التالى ، عندما تبين أن بعض افلام التصوير ، التى تستخدم فى المستشفيات ، لتصوير أعضاء المرضى ، باستخدام الأشعه السينية ، قد تعرضت للتشويش ٠

وتبين أن الورق المقوى ، الذى استخدم فى لف هذه الأفلام ، يحتوى على مواد مشعة ٠

لقد صنع هذا الورق من نباتات تزرع فى منطقة الغرب الأوسط الأمريكى ٠ وقد تأثرت هذه المنطقة بالغبار الذرى ، الذى نتج عن القنبلة الذرية ، التى فجرها العلماء فى العام السابق ٠

وقرب نهاية الحرب العالمية الثانية ، فى عام ١٩٤٥ ، ألقت قاذفات القنابل الأمريكية قنبلتين ذريتين على مدينتى هيروشيما وناجازاكى ، فى اليابان ٠

ولقى عدة آلاف من سكان المدينتين مصرعهم ، نتيجة للتعرض ، بصورة مكثفة ، للاشعاعات الذرية ٠

لقد شكلت أكاديمية العلوم القومية الأمريكية لجنة

لمتابعة آثار التعرض للاشعاعات الذرية ، على الأحياء من اليابانيين ، الذين نجوا من الهلاك فى هاتين المدينتين المنكوبتين •

وتبين ان أهم هذه الآثار ، اعتام عدسة العين ، واصابة الغدة الدرقية بالأورام ، والاصابة بسرطان الدم ، والتغيرات الكروموسومية فى الكرات الدموية ، وضعف النمو ، وخاصة عند الصغار •

وظهر بعض حالات الاصابة بالتخلف العقلى ، بين أولئك الذين كانوا داخل أرحام أمهاتهم ، خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل •

واليوم ، وبعد مرور أكثر من ٤٣ عاما على القاء القنبلتين الذريتين على هاتين المدينتين ، نجد أن خطر الاصابة بالسرطان مازال قائما •

ماذا حدث لسكان جزيرة بكينى ؟

فى الفترة بين عامى ١٩٤٦ و ١٩٥٨ ، أجريت فى جزيرة بكينى ، ٢٣ تجربة نووية من بينها ذلك التفجير الذى أجرى لقنبلة أيدروجينية ، ألقيت من طائرة ، فى عام ١٩٥٦ •

لقد أبعد سكان جزيرة بكينى ، وسكان عدد من الجزر الأخرى بالمنطقة ، قبل اجراء هذه التجارب •

وفى أواخر الستينات ، سمح لأهالى جزيرة بكينى بالعودة الى موطنهم •

لكن السلطات الأمريكية اضطرت الى اخلاء الجزيرة ، مرة أخرى ، فى أواخر السبعينات ، عندما تبين للمختصين ، خطورة الاشعاعات الذرية ، الناتجة عن التجارب النووية السابقة •

لقد دلت نتائج الاختبارات ، والدراسات ، على أن كمية الاشعاع الذى تتعرض له جزيرة بكينى ، والجزر المجاورة ، مازالت تزيد عن المستويات الآمنة •

وتبين أن المواد الاشعاعية ، التى تخترق العظام ، قد لا تصل الى مستوى الأمان ، فى جزيرة بكينى ، قبل مرور عشرات السنين •

أمراض نتجت عن التعرض للاشعاع :

اكتشف الباحثون فى جامعة أمريكية ، حالات اصابة بسرطان الدم ، بين الأطفال الذين ولدوا فى مناطق تعرضت للغبار الذرى المتساقط ، بعد تجارب الأسلحة النووية ، التى أجريت فى ولاية نيفادا الأمريكية •

كما تعرض الجنود الذين اشتركوا فى هذه التجارب ، للاشعاعات الذرية ، التى أصابتهم بالعجز ، بصور مختلفة •

لقد رفع بعض هؤلاء الجنود دعاوى ضد الحكومة الأمريكية ، يطالبون بتعويضات كبيرة ، عن هذه الاصابات الفادحة ٠

أما العاملون السابقون في مصنع هانفورد ، بولاية وشنطون ، حيث كان يجرى انتاج البلوتونيوم اللازم لصناعة الأسلحة النووية ، فقد قام بعض العلماء بدراسة سجلاتهم ٠

لقد تبين أن هناك حالات اصابة بالسرطان ، و بغيره من الأمراض الناتجة عن التعرض للاشعاع ، بين أولئك الذين تعرضوا ، لفترات طويلة ، للاشعاعات الذرية ٠

هل تسربت الاشعاعات الذرية من المفاعل ؟

أما بالنسبة لمفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووى ، فقد وجد الخبراء فى مياه تبريد المفاعل ، بعض المواد الناتجة عن عملية الانشطار النووى فى قلب المفاعل ، وهى غاز الكريبتون ، وغاز الكسينون، واليود١٣٣ ٠

كما وجدت بعض الآثار الطفيفة للعنصرين المشعين، الخطرين للغاية ، السيزيوم ١٣٧ ، والسترونشيوم ٩٠

ان عنصر السترونشيوم ٩٠ المشع ، الذى ينتج عن التفجيرات النووية ، تجده اليوم فى كل مكان تقريبا ٠

ومع الاستمرار فى التجارب النووية ، نجد أن

مستويات التلوث ، من هذا العنصر ، فى ارتفاع مستمر ·

يتساقط هذا العنصر على المراعى ، فترعى عليه الأبقار والأغنام ، فيؤثر فى ألبانها ·

وحين يشرب الانسان هذه الألبان ، تتلف عظامه وتمرض ·

والنسب العالية من هذا العنصر ، تؤثر فى نخاع العظام ، وتؤدى للوفاة ·

لقد أثرت المواد المشعة ، التى تسربت من مفاعل (ثرى مايل آيلاند) ، على منتجات الألبان ، فى المنطقة المحيطة بمدينة هاربسبرج ، عاصمة بنسلفانيا ، حيث تلوثت بكميات ضئيلة من الاشعاعات الذرية ·

ولكن مازالت قطعان الماشية تتغذى على أعلاف الشتاء ، التى لم تتعرض للتلوث بمادة اليود المشع ، الذى يمكن أن ينتقل مع الألبان ، الى الأطفال سريعى النمو ، حيث يتركز فى غددهم الدرقية ، فيعرضها للاشعاع القاتل ·

هل تعرض العاملون فى المفاعل للاشعاع ؟

يقاس تعرض الآدميين للاشعاع ، بوحدات تسمى « ريم » ·

والواقع أن الأحياء ، على ظهر الأرض ، يتعرضون باستمرار ، للاشعاعات الصادرة من عدة مصادر ٠

ويعتقد أن هـذه الاشـعاعات تساهم فى عمليـة التقدم فى السن ٠

ان عشرات من جزيئات الأشـعة الكونيـة ، ذات الطاقة العالية ، تخترق أجسام البشر ، فى كل ثانية ٠

لقد تعرض للاشعاعات ، ثمانية من العاملين فى مفاعل (ثرى مايل آيلاند) النووى ٠

وتراوحت قوة الاشعاعات التى تعرضوا لهـا بين ريم ، وريم ونصف ٠

ويلاحظ أن الكميـة المسـموح بالتعـرض لها ، لا ينبغى أن تزيد عن ٣ ريم فى كل ثلاثة شـهور ، أو خمسة فى كل عام ٠

تركيب المادة :

وحتى يمكن لنا أن نفهم جيدا ما حدث فى مفاعل (ثرى مايل آيلاند) النـووى ، فانه يجب علينـا أن نراجع باختصـار ، معلوماتنـا السـابقة فى تركيب المادة ٠

تتكون جميع المواد من ذرات صغيرة ٠ ففى قطرة ماء صغيرة ، تجد ٣٠ ألف مليار ذرة أوكسجين ، و ٦٠ ألف مليار ذرة أيدروجين ٠

تتكون الذرة من نواة ، تدور حولها الالكترونات بسرعة تبلغ سبعة ملايين مليار دورة فى الثانية ·

وتتكون نواة الذرة من بروتونات ونيوترونات · والبروتونات جسيمات تحمل شحنات كهربية موجبة ، أما النيوترونات فهى جسيمات لا تحمل شحنة كهربية ·

والبروتونات والنيوترونات لهـا نفس الـكتلة تقريبا ·

أما الالكترونات ، فهى جسـيمات تحمـل شـحنة كهربية سالبة ، مساوية فى المقدار لشحنة البروتون · وتبلغ كتلة الالـكترون الواحـد ۱/۲۰۰۰ من كتلة البروتون أو النيوترون ·

ويوجد فى الذرة من الالكترونات ، عدد مساو لعدد البروتونات الموجودة فى نواة هذه الذرة · وعلى ذلك ، فالذرة متعادلة كهربيا ·

والذرات صغيرة للغاية · الا أن نواة الذرة أصغر كثيرا من الذرة نفسها · ويقدر العلماء أن قطر الذرة يبلغ حوالى ۱۰ آلاف مرة قطر نواة الذرة ، التى تتركز فيها كتلة الذرة ·

ويقـدرون أن كثافة نـواة الذرة أكثر من ۱۰۰ مليون طن لكل سنتيمتر مكعب ·

العناصر الكيميائية والنظائر :

تحدد الذرة بعدد البروتونات ، وعدد النيوترونات، التي تحتوى عليها نواة الذرة ، ويسمى هذا العدد بالعدد الذرى ٠

والذرات التى لهـا نفس العـدد الذرى لها نفس الخواص الكيميائية ، حتى ولو لم تكن تحتوى عـلى نفس العدد من النيوترونات ٠

انها تنتمى الى نفس العنصر الكيميائى الذى يرمز له برمز معين ٠ مثال ذلك أنه يرمز لعنصر الأيدروجين بالرمز (يد ، H) ٠

ويوجد فى الطبيعة ٩٠ عنصرا كيميائيا ٠ كما أمكن تخليق عدد من العناصر الكيميائية (مثل عنصر البلوتونيوم) ٠

أما الذرات التى تحتـوى عـلى نفس العـدد من البروتونات ، وعلى عدد مختلف من النيوترونات ، فانه يطلق عليها اسم النظائر ٠

ونظائر نفس العنصر تختلف فى أوزانها الذرية، ولكنها تتشابه فى خواصها الكيميائية ٠

أما الخواص الفيزيائيـة لنظائر نفس العنصر ، فهى خواص مختلفة ٠ وكذلك الحال بالنسبة للخواص النووية ٠

ويوجد من النظائر ٣٢٥ نظيرا طبيعيا ، كما أمكن تخليق ١٢٠٠ نظير آخر ٠

وبواسطة الكتروناتها ، تتجمع الذرات لتـــكون الجزيئات ٠

وكل نوع من الجزيئات يميز مادة معينة نقية ٠ الا أن معظم المـواد التى نقابلهـا فى الطبيعة ، ليست الا خليطا من نوعين أو اكثر ، من هده الجزيئات ٠

حالات المادة :

توجد الأجسام فى حالات مختلفـة ، حسب درجة حرارتها ٠

فعند درجات الحرارة المنخفضة ، تكون الجزيئات تحت تأثير حـركات تذبذبيـة ضعيفة ٠ لدلك ، فان الجزيئات تبقى مرتبطة ببعضها البعض ، حسب نظام هندسى منتظم ٠

وتسـمى هـذه الحالة ، بالحـالة الصلبة ، ومن أمثلتها الجليد ٠

فاذا ارتفعت درجة الحـرارة ، زاد مدى حـركة الجزيئات فى الانزلاق فوق بعضها البعض ، وينصهر الجســم الصلب ، ويتحول الى الحالة الســائلة ، ومن أمثلتها الماء ٠

واذا زادت درجة الحرارة أكثر من ذلك ، تصبح

الجزيئات مستقلة عن بعضها البعض . وتتحول المادة الى الحالة الغازية . ومن أمثلة ذلك بخار الماء .

وعند درجات الحرارة شديدة الارتفاع ، تتحطم الجزيئات والذرات ، تحت تأثير التصادمات العنيفة ، وتفقد الكتروناتها تدريجيا . عندئذ يقال أن الذرات قد تأينت .

ويسمى هذا الخليط من الالكترونات ، والذرات المتأينة ، باسم البلازما . ومن أمثلة ذلك ما هو حادث داخل الشمس .

هذه هى حالات المادة الأربعة . أما درجات الحرارة التى يحدث عندها التغير من حالة الى أخرى ، فانها تختلف من مادة الى أخرى .

هذه صورة مبسطة للغاية ، لتركيب المادة . وذلك لأن هناك فى الحقيقة عدة عشرات من الجسيمات الأولية ، بخلاف الالكترون والبروتون والنيوترون .

ولكن هذه الصورة المبسطة تسمح بتقديم الاستخدامات الرئيسية للطاقة النووية .

النشاط الاشعاعى :

فى الطبيعة ، نجد أن الذرات ليست كلها ثابتة .

فبعض الذرات يتحول تلقائيا الى ذرات أخرى ، (أشعة ألفا ، وأشعة بيتا ، وأشعة جاما) .

وهــذه الظاهرة مستقلة تماما عن الالكترونات ، وبالتالى عن الخصائص الكيميائية للذرة ٠

وعلى ذلك ، فان نواة ذرة اليورانيوم ، تتحول ، عن طريق عدد من التحولات الوسيطة ، الى صورة ثابتة (وهى عنصر الرصاص ٢٠٦) ٠

ويلاحظ أن كل تفاعل تحلل ، يطلق الطاقة ، على صورة أشعة ٠

أشعة ألفا :

وتتكون من نواة ذرة الهيليوم ، التى تحتوى عــلى بروتونين ونيوترونين ، وهى بذلك تحمل شحنتين من الكهرباء الموجبة ٠

وذرة اليورانيــوم ٢٣٨ ، التى يثقــل نواتهـــا البروتونات والنيوترونات ، تتحــول الى ذرة ثــوريوم ٢٣٤ ، مطلقة أشعة ألفا ٠

أشعة بيتا :

وتتكون من الكترونات ٠

ومن الحالات التى تطلق فيها أشعة بيتا ، حالة ذرة عنصر الثوريوم ٢٣٤ ، التى تثقل نواتها النيوترونات ٠

عندما تتحول ذرة عنصر الثوريوم ٢٣٤ ، الى ذرة عنصر ، البروتواكتينيوم ، يتحول نيوترون الى بروتون ، وتطلق النواة الكترونا سالبا ٠

أشعة جاما :

وهى ذبذبة مغناطيسية كهربية ، ذات طول موجة قصير للغاية • وطبيعتها مشابهة لطبيعة الاشعة السينية •

تتخلص النواة من جانب كبير من الطاقة ، الذى يرجع الى ان البروتونات ، والنيوترونات ، لم تصل الى حالة الاتزان •

ويلاحظ أن اطلاق أشعة جاما ، يكون دائما مصحوبا باطلاق أشعة ألفا وبيتا •

التفاعلات النووية الصناعية :

فى عام ١٩١٩ ، تمكن العالم البريطانى (رذرفورد) من الوصول ، لأول مرة ، الى تفاعل نووى صناعى •

لقد تمكن من تحويل ذرات عنصر النيتروجين ، الى ذرات أيدروجين وأوكسجين ، وذلك بقذفها بقذائف يتكون كل منها من نواة عنصر الهيليوم •

وفى عام ١٩٣٤ أمكن تحويل ذرات الألومنيوم ، الى ذرات فوسفور ، ونيوترونات وذلك بقذفها بقذائف من نواة عنصر الهيليوم •

لقد كانت ذرات الفوسفور الناتجة ، ذات نشاط اشعاعى • فتحولت الى ذرات عنصر السيليكون ٣٠ الثابتة ، وذلك باطلاق أشعة بيتا •

وقد أمكن ، بهذه الطريقة ، الحصول على أول عنصر مشع مصنوع ٠

اطلاق الطاقة النووية :

تتكون نواة الذرة من جسيمات غير مشحونة كهربيا ، وهى النيوترونات ، وجسيمات مشحونة بالكهربية الموجبة ، وهى البروتونات ٠

ولما كانت البروتونات تحمل شحنات كهربية متشابهة فى الاشارة ، فانها تتنافر مع بعضها البعض ٠ ولكنها مع ذلك تبقى متماسكة ٠

وتكون كتلة النواة أقل من مجموع كتل مكوناتها ، لو كانت حرة ٠

وعلى ذلك ، نجد فى النواة نقصا فى الكتلة يعادل كمية معينة من الطاقة ، تلزم لحفظ مكونات النواة مترابطة مع بعضها البعض ٠

ويجب مد النواة بهذه الكمية من الطاقة ، حتى تتفكك مكوناتها ٠

وقد وجد أن هذه الطاقة تساوى النقص فى الكتلة ، مضروبا فى مربع سرعة الضوء ، أو ، بعبارة أخرى الطاقة = النقص فى الكتلة × مربع سرعة الضوء ٠

وبسبب كبر سرعة الضوء (٣٠٠ ألف كيلو متر فى الثانية) ، فان نقصا صغيرا فى الكتلة ، يقابله كمية هائلة من الطاقة ٠

على أن هذا النقص فى الكتلة (أو طاقة الترابط التى تتناسب معه) ليس متساويا فى كل نواة • ذلك أنه يختلف من نواة الى أخرى •

ان هذه الطاقة صغيرة نسبيا فى نواة خفيفة ، مثل نواة ذرة الأيدروجين • كما أنها كبيرة للغاية فى نواة متوسطة ، مثل نواة ذرة الحديد • الا أنها اقل من مستوى الطاقة فى نواة ثقيلة ، مثل نواة ذرة اليورانيوم •

وتظهر الطاقة النووية نتيجة لاختفاء المادة ، أو بعبارة أخرى ، نتيجة لزيادة فى نقص الكتلة •

ولاطلاق الطاقة النووية ، فانه يلزم عمل تغيير يؤدى الى انتاج أنوية متوسطة الكتلة ، يصل فيها النقص فى الكتلة الى نهايته العظمى •

ومن هنا كانت فكرة اكتشاف نوعين من التفاعلات النووية ، التى تؤدى الى اطلاق طاقة النواة :

١ ــ انشطار النواة الثقيلة الى نواتين أقل وزنا•

٢ ــ اندماج أنوية خفيفة ، لتكوين نواة أثقل وزنا •

الانشطار النووى :

ان انشطار نواة ثقيلة (مثل نواة ذرة اليورانيوم ٢٣٥) تحت تأثير قذفها بنيوترون ، يؤدى الى تكوين نواتين أخف وزنا •

ويصاحب هذا الانشطار النووى ، انطلاق الطاقة النووية ، بسبب النقص فى الكتلة ٠

كما يؤدى ، فى نفس الوقت ، الى تحرير نيوترونين أو ثلاثة ٠

التفاعل المتسلسل :

ويستطيع كل نيوترون، ينتج عن التفاعل السابق، أن يبدأ بدوره تفاعلا انشـطاريا ، يؤدى الى انطلاق عدد من النيوترونات ، يقوم كل منها ، بدوره ، ببدء تفاعل انشطارى ، وهكذا ٠

ويسمى هذا بالتفاعل المتسلسل ٠

الكتلة الحرجة :

ويمكن للنيوترونات أن تمتص فى اليورانيـوم ٢٣٨ ، كما يمكن أن تهرب ، دون أن تقوم بدورها فى بدء تفاعل انشطارى ٠

ولكن ، حتى يمكن للتفاعل المتسلسل أن يستمر، فانه يجب علينا أن نجمع ، فى حجم معين ، كمية كافية من الأنوية القابلة للانشطار ، (وهو ما يسمى بالكتلة الحرجة) ٠ وذلك حتى يكون عدد النيوترونات المؤثرة (أو تلك التى تؤدى الى الانشـطار) أكبر من عـدد النيوترونات غير المؤثرة (التى تمتص أو تهرب) ٠

القنبلة الذرية والمفاعل النووى :

تتسكون القنبلة الذرية من كتلة حرجة ، من مادة انشطارية ، ينتشر فيهــا التفاعل المتسلســل ، بسرعة كبيرة للغــاية ، تؤدى الى تفاعل متفجر ، يطلق كميــة هائلة من الطاقة ·

أما المفاعل النووى ، فانه يتكون من كتلة حرجة ، من مادة انشطارية ، يجرى فيها تفاعل متسلسل ، بحيث يمكن التحكم فيه بطريقة يمكن معها اطلاق الطاقات ، بكميات معينة ومحسوبة ·

الاندماج النووى :

وهــو تفــاعل الأنــوية الخفيفة ، مثــل أنــوية الديوتيريوم ، أو التريتيوم ، التى تندمج لتكون نواة أثقل ·

ويصاحب هذا التفاعل النــووى اطلاق للطاقة ، نتيجة للنقص فى الكتلة ·

ويلاحظ أن ظاهــرة الاندماج النــووى لا يمكن تحقيقها الا عند درجات حرارة مرتفعة للغاية ، تبلغ مئات الملايين من الدرجات ·

ويلزم لهذا الغرض اثارة حرارية مرتفعة ، لتقريب الأنوية التى تحمل شحنات كهربية ، من نفس النوع ، من بعضها البعض ·

ويجرى هذا الاندماج النووى ، بصورة طبيعية ، فى الشمس والنجوم ·

كما يتم ، بصورة صناعية ، فى عملية تفجير القنبلة الأيدروجينية ، حيث يمكن الوصول الى درجة الحرارة الابتدائية المرتفعة ، نتيجة لتفجير قنبلة ذرية ·

ويقوم العلماء ، اليوم ، بدراسة الظروف التى تسمح بتحقيق الاندماج النووى ، الذى يمكن التحكم فيه ، بحيث يمكن الاستفادة من الطاقة الناتجة ·

استخدام الطاقة النووية فى توليد الكهرباء :

ويمكن الاستفادة من الطاقة النووية ، التى تنتج عن تفاعل الانشطار النووى ، الذى يحدث داخل مفاعل نووى ، على صورة طاقة حرارية ، فى توليد الكهرباء ·

ان التفاعل الانشطارى لجرام واحد من عنصر اليورانيوم ٢٣٥ ، يطلق من الطاقة ما يعادل الطاقة الناتجة عن احتراق طنين ونصف طن من الفحم ·

المفاعل النووى :

ان تشغيل مفاعل نووى ، يعنى أن نتيح الفرصة ، لتفاعل انشطارى متسلسل ، ليأخذ مجراه ، وأن نتحكم فى هذا التفاعل ، بحيث يبقى دائما عند مستوى ثابت ·

ويمكن للنيوترونات الناتجة عن هذا التفاعل الانشطارى :

ـ أن تبدأ تفاعلات انشطارية جديدة ٠

ـ أن تمتصها أنوية غير منشطرة ٠

ـ أو أن تهرب من المفاعل النووى ٠

ويجب ايجاد اتزان بين هذه الاحتمالات الثلاثة ، بحيث يبقى عدد التفاعلات الانشطارية ثابتا ٠

ان حدوث ألف تفاعل انشطارى ، يؤدى الى توليد حوالى ٢٥٠٠ نيوترون ٠

ولحفظ عدد التفاعلات الانشطارية ثابتا ، يجب أن يشترك ألف نيوترون فى تفاعلات انشطارية جديدة ، بينما يمتص ، أو يهرب ، ١٥٠٠ نيوترون ٠

ويتم اختبار مواد البناء ، وحساب حجم المفاعل النووى ، بحيث يمكن تحقيق هذا الاتزان ٠

ويجرى التنظيم الدقيق لهذا التفاعل ، باستخدام قضبان التحكم ٠

الوقود النووى :

تنقسم أنواع الوقود النووى ، المستخدم فى المفاعلات النووية ، الى ثلاثة أنواع :

اليورانيوم الطبيعى ، واليورانيوم الذى زيدت فيه نسبة اليورانيوم ٢٣٥ ، ثم البلوتونيوم ٠

ويحتــوى اليورانيــوم الطبيعى عــلى نظــيرين : اليورانيــوم ٢٣٨ ، واليورانيــوم ٢٣٥ • ويحــوى اليورانيوم الطبيعي على ٩٩٫٣٪ من اليورانيوم ٢٣٨، و ٠٫٧٪ من اليورانيوم ٢٣٥ •

ان أنوية اليورانيــوم ٢٣٥ هى وحــدها القابلة للانشطار •

أما أنوية اليــورانيوم ٢٣٨ ، فيمكنهــا اقتناص النيوترونات ، لتتحلل الى عنصر النبتونيوم ٢٣٩ ، ثم ثم الى البلوتونيوم ٢٣٩ القابل للانشطار •

تخفيض سرعة النيوترونات :

وفي داخل المفاعل النووى الذى يعمل باليورانيوم الطبيعى ، أو باليورانيوم الذى زيدت فيه نسبه النظير ٢٣٥ بدرجة صغيرة ، نجد أنه من الضرورى تخفيض سرعة النيوترونات ، التى تنطلق من النــواة ، أثنــاء انشطارها •

ويكون انطلاقها بسرعات كبيرة (حوالى ٢٠ ألف كيلو متر فى الثانية) •

ويزداد احتمال قيام هذه النيوترونات باحــداث انشطارات جديدة ، كلما انخفضت سرعتها ، وبالتالى طاقتها ، الى مستوى الاهتزاز الحرارى ، عنــد درجة حرارة اليورانيوم (حوالى ٢ كيلو متر فى الثانية) •

وعلى ذلك ، فانه يجب تحويل النيوترونات السريعة ، الى نيوترونات بطيئة ، أو نيوترونات حرارية •

ولتخفيض سرعة النيوترونات ، تستخدم مواد مثل الجرافيت ، أو الماء الثقيل ، تحتوى على أنوية خفيفة ٠

ويلاحظ أن قدرة أنوية هـذه المواد عـلى تخفيض سرعة النيوترونات ، تزداد ، كلما كانت هده الانوية قريبة من كتلة النيوترون ٠

ذلك أنه من المشاهد ، أننا اذا قذفنا بلية صغيرة . الى كرة بليـاردو ، فان البليـة ترتد ، دون أن تفقـد سرعتها ٠

أما اذا قذفنا هذه البلية الى بلية أخرى ، فانهـا تنقل اليها جزءا من طاقتها ، أو قد تنقل طاقتها كلها ، وبذلك تقل سرعتها ٠

ولابطاء سرعة النيوترون الناتج عن الانشطار ، الى سرعة الاهتزاز الحـرارى ، فانه يجب أن يتعرض هذا النيوترون الى ٢٢٠٠ تصادم مرن مع أنوية عنصر اليورانيوم ٢٣٨ ، أو ١٥٠ تصادما مرنا مع أنوية عنصر الأوكسـجين ، أو ١١٤ تصادما مرنا مع أنوية عنصر الكربون ، أو ٣٥ تصادما مرنا مع أنوية الديوتيريوم (الأيدروجين الثقيل) ، أو ١٨ تصادما مرنا مع أنوية الأيدروجين الخفيف ٠

ولكن يجب ألا ننسى أن بعض الأنوية تحتفظ بتلك النيوترونات التى تصطدم بها ٠

ولعـل أقل المـواد المخفضـة للسرعة احتفـاظا

بالنيوترونات ، هى الماء الثقيل ، وكربون الجرافيت .

ويتم اختيار مخفض سرعة النيوترونات ، حسب تكاليف شرائه ، وحسب قدرته على خفض سرعة النيوترونات ، وعلى الطريقة التي يمص بها هذه النيوترونات .

المبردات أو الموائع الناقلة للحرارة :

ولنقل الحرارة من قلب المفاعل الى خارجه ، يستخدم مائع مثل غاز ثاني اوكسيد الكربون ، تحت ضغط مرتفع ، لان هذا المائع يمكن بسهولة امراره بسرعة في المفاعل ، ولأنه ينقل الحرارة بصورة مرضية .

أضف الى ذلك أن هذا الغاز خافض جيد لسرعة النيوترونات ، ولا يمتص الا عددا قليلا من تلك النيوترونات .

وهناك مبردات أخرى ، مثل الهيليوم ، والماء العادى تحت ضغط جوى ، أو تحت ضغط مرتفع او فى حالة غليان ، أو الماء الثقيل ، أو الفلزات السائلة (مثل الصوديوم) ، أو السوائل العضوية (مثل الأيدروكربونات) .

وعند خروجها من المفاعل، تمر هذه الموائع الناقلة للحرارة ، داخل مبادلات حرارية ، حيث تحول الماء الى بخار ، دون أن تلامسه .

وهذا البخار يقوم بادارة التربينات ، فى محطة توليد الكهرباء ٠

التحكم فى المفاعل :

ولتنظيم سرعة التفاعل المتسلسل ، الذى يجرى داخل المفاعل النووى ، تستخدم قضبان التحكم ٠

وهى قضبان مصنوعة من مواد شديدة الامتصاص للنيوترونات ، مثل البورون أو الكادميوم ٠

اذا أنزلت هذه القضبان الى قلب المفاعل النووى ، قلت نشاطيته ٠ أما اذا رفعت بعيدا عنه ، زادت نشاطيته ٠

وهناك قضبان للأمان ، تصنع من نفس مواد القضبان السابقة ٠ وهى تسقط بطريقة آلية ، داخل المفاعل النووى ، فى حالة حدوث حادث طارىء (مثل خلل فى دائرة التبريد) ، بحيث يتوقف التفاعل المتسلسل فى الحال ٠

ويجرى التحكم فى المفاعل ، من غرفة تجمع فيها أجهزة التشغيل ، وأجهزة القياس التى تبين المعلومات اللازمة ، مثل شدة مجال النيوترونات ، ودرجة حرارة الوقود النووى ، ودرجة الحرارة وضغط المائع الناقل للحرارة ، وما الى ذلك ٠

وثمة جهاز هام آخر ، للتحكم فى المفاعل النووى، ألا وهو جهاز مراقبة تمزق الأغلفة .

ذلك أن عناصر الوقود النووى ، تغلف فى أغلفة معدنية ، وذلك لمنع انتشار نواتج الانشطار ، فى دائرة التبريد .

هذه الأغلفة المعدنية ، معرضة للتشقق ، تحت تأثير درجة الحرارة المرتفعة ، والاشعاع لذلك ، كان من الضرورى أخذ عينات من المائع الناقل للحرارة ، وتحليلها ، وتكرار ذلك بصفة مستمرة .

ماذا حدث فى محطة (ثرى مايل آيلاند) النووية ؟

حدث انسداد فى أنبوبة فى نظام التبريد ، الخاص بالمفاعل النووى . وتوقفت مضخة تبريد المفاعل عن تأدية وظيفتها .

وتكونت فقاعة غازية ، تتكون من خليط من غازات الأيدروجين ، والكريبتون ، واليود ۱۳۳ . وتمددت الفقاعة ، بتأثير الحرارة ، حتى بلغ حجمها ۱۸۰۰ قدما مكعبا .

وتركزت جهود العلماء فى التخلص من هذه الفقاعة، وذلك بتحويل الأيدروجين الى ماء ، حتى يمكن لنظام التبريد ، فى المفاعل النووى ، أن يعاود سيرته الأولى . وبذلك يمكن تفادى احتمال انصهار قلب المفاعل ،

الأمر الذى كان من الممكن ، أن يؤدى الى أضخم كارثة فى تاريخ البشرية •

وتجمع معظم التفسيرات على أن الأسباب تنحصر فى أسـلوب الأمان الذى اتبعه مصـممو هـذه المحطة النووية •

وهذا الأسلوب لم يختبر قبل تشغيل المحطة ، ولابد أن تكون به ثغرة أدت الى ما حدث ، وذلك بالرغم من أن الفحص النظرى الدقيق لهذا الأسـلوب قد بين أنه الأسلوب الأمثل لتامين محطة الطاقة النووية •

البحث عن مفاعل نووى آمن

كارثة تشيرنوبيل :

فى صباح يوم ٢٦ ابريل من عام ١٩٨٦ ، شهد سكان مدينة تشيرنوبيل، فى ولاية أوكرانيا السوفيتية، أسوأ ما يمكن أن يحلم به المهندس النـووى : مفـاعل نووى ، يحرم قلبـه السـاخن ، الذى يحتـوى عـلى اليورانيـوم ، من ماء التبريد ، ويطلق المفـاعل فى البيئة المحيطة ، مواد مشعة ، ذات خطر كبير ·

ولكن فى الوقت الذى تمـكن فيـه الفنيـون من التحكم فى هذا المفاعل ، علم النـاس أنه قد مات ٢٦ شخصا ، فى تلك المنطقة ، بسبب الاشـعاع النووى ، وأصبحت تشيرنوبيل اسما مرادفا للكوارث ·

وقد لا يعرف العـدد الـكلى لأولئك الذين تأثروا بذلك الحادث ، بما فى ذلك أولئك الذين قد يصابون بالسرطان ، نتيجة لتعرضهم للاشعاع ·

مفاعل لا يتأثر بالحوادث :

ان ما حدث فى تشيرنوبيل ، مثله فى ذلك مثل ما سبق ان حدث فى (ثرى مايل ايلاند) ، فى الولايات المتحدة ، قبل ذلك بعدة أعوام ، قد ركز الاهتمام على أهمية سلامة المفاعلات النووية ، التى تستخدم فى توليد القوى الكهربية .

وبالرغم من أنه لم يكن هناك اطلاق كبير للاشعاع ، فى حادث (ثرى مايل آيلاند) ، ولم يقتل احد او يصب ، فى ذلك الحادث ، فقد ردد الناس نفس السؤال :

هل يمكن للمهندسين تصميم مفاعل لا يتأثر بالحوادث (Accident-Proof) ، ويمكنه ان يحمى نفسه من فشل الوظائف الميكانيكية ، والأخطاءالبشرية ؟

احتياجات الأمان :

لقد تم بحث هذا الموضوع ، فى مقال نشر فى مجلة Scientific American كتبه (ريتشارد لستر) ، أستاذ الهندسة النووية ، فى معهد مساشوستس للتكنولوجيا . وقد كتب هذا المقال قبل حادث تشيرنوبيل .

وفى هذا المقال ، ذكر هذا الأستاذ ان ازدياد الاهتمام بأمان المفاعلات النووية ، يهدد باستمرار ، استخدام المفاعلات النووية ، فى توليد القوى الكهربية .

« فى السنوات الأخيرة ، ارتفعت ، الى درجة كبيرة، تكاليف انشاء المفاعلات النووية ، بحيث عجزت بعض المحطات النووية الحديثة ، عن توليد الكهرباء بأسعار منافسة ، بالرغم من أن معظم المحطات النووية الحالية، تعمل بطريقة اقتصادية » •

« ويأتى جانب كبير من النفقـــات ، من جانب احتيــاجات الأمان التى تفــرض عــلى هــذه المحطات النووية » •

« وفى الســنوات الأخيرة ، زادت تكاليف هـــذه المحطات النووية ، بسبب زيادة التعقيدات فى احتياجات الأمان هذه » •

تفاعل متسلسل :

وفى المفاعلات النــووية التجــارية ، تشــع ذرات اليورانيوم ، باستمرار ، جسيمات تسمى نيوترونات ، تضرب ذرات اليورانيوم المجاورة ، وينتج عن ذلك أن تعطى هذه الذرات ، نيوترونات ، هى الأخرى •

ويؤدى هذا التفاعل المتسلسل الى اطلاق حرارة ، تمتص فى الماء ، الذى يغطى وقود اليورانيوم •

يوجد هذا الماء تحت ضغط مرتفع للغاية ، ويدور من خلال مبادل حرارى ، يدور فيه ماء طازج ، يأتى من خارج المفاعل ، فيسخن الماء ، ويغلى ، ويتحول الى بخار ، يدير تربينا ، يولد القوة الكهربية •

واذا حدث ، عند أية نقطة ، أن خرج ماء التبريد من هذا النظام ، فان درجة حرارة الوقود قد ترتفع الى مستويات تهدد بالخطر ٠

واذا لم يمكن ايقـاف التفـاعل المتسلسل ، فان الوقود المنصهر قد يكون كتلة منصهرة مشعة ، تحرق سبيلها الى باطن الأرض ، فتلوث موارد المياه الجوفية ٠

نظم أمان معقدة :

وقد جاء فى مقـال الأسـتاذ (لستر) ، أنه ، فى مثل هذه الأحوال ، يجب على نظم الأمان فى المفاعل ، أن تقوم بواجبين : اغـلاق المفـاعل تماما ، وايقاف التفاعل المتسلسل تماما ، والتأكد من أن الحرارة التى تولدها نـواتج الانشـطار النـووى ، تزال ، بحيث لا يصبح وقود المفاعل ساخنا الى درجة زائدة ٠

واذا أصبح الوقود كذلك ، فان نواتج الانشطار النووى قد تهرب من المفـاعل ، وتدخـل الى البيئـة المحيطة به ٠

وفى المفاعلات النووية الحـالية ، نجـد أن هذين الواجبين يجرى تنفيذهما عن طريق نظم أمان معقدة ، تحتاج ، فى كثير من الأحوال ، الى تدخل أولئك القائمين بتشغيل المفاعل ، لبدء تشغيل نظم الأمان ٠

ومن المعروف أنه قد تفشل أحيانا طلمبات منفردة ، أو صمامات ، وغير ذلك من المعدات ، فى المحطات النووية ٠

وعلى ذلك ، فان تصميم المفاعلات النووية الحالية، يعمل على معادلة امكانية حدوث ذلك الفشل ، عن طريق اعداد نظم مساعدة ، من أنواع متعددة ، لتعمل فى حالة فشل النظام الأول ، فى العمل بالطريقة المطلوبة ٠

وباضافة هذه النظم المساعدة ، تزداد تكاليف هذه المفاعلات النووية ٠

جزء لا يتجزأ من التصميم :

ان النظم الاضافية الميكانيكية المتعددة ، غالية الثمن بالطبع ٠

ويرى الأستاذ (لستر) أنه من الممكن تصميم مفاعلات نووية آمنة ، بدون أن يؤدى ذلك الى افلاس المؤسسات التى تقوم بتوزيع القوى الكهربية ٠

والطريق الى ذلك هو جعل الأمان جزءا لا يتجزأ من التصميم ، وليس شيئا يضاف فيما بعد ٠

وفى حالة حدوث حادث ، فان قوانين الفيزياء البسيطة ، تجعل المفاعل يوقف نفسه بنفسه ، بدون تدخل بشرى أو ميكانيكى ٠

تجربة مثيرة :

وبالرغم من أن هذا قد يبدو أمرا بعيد المنال ، فانه ليس كذلك ·

ففى يوم ٣ ابريل ، وقبل حادث تشيرنوبيل بثلاثة أسابيع، وفى مكان بعيد للاختبارات، فى ولاية ايداهو الأمريكية ، قام الفنيون الأمريكيون بعمل لم يسبق أن حلم به أحد من القائمين بتشغيل المفاعلات النووية ·

لقد قاموا بتشغيل مفاعل نووى تجريبى (٢٠ ميجاوات) الى قوته الكاملة ، ثم أوقفوا سريان السائل المبرد ، الى قلب ذلك المفاعل ، الذى يتكون من اليورانيوم ·

وفى مثل هذه الظروف ، وفى أى مفاعل نووى عادى ، نجد ان قلب المفاعل ترتفع درجة حرارته كثيرا، وينصهر الوقود النووى ، مؤديا الى كارثة ، تشبه تلك التى حدثت فى تشيرنوبيل ·

ولكن ذلك لم يحدث فى ولاية ايداهو ·

الصوديوم السائل :

وبدلا من ذلك ، أوقف المفاعل النووى نفسه ، بدون معونة من الفنيين ·

لماذا ؟ وكيف كان ذلك ؟

ان أحد الأسباب هو أن قلب المفاعل كان مغمورا فى بحيرة ، من الصوديوم السائل ، عمقها عشرة أمتار ·

ان (تشارلز تيل) رئيس برنامج تطوير المفاعلات النوويه ، في معمل ارجون الوطني ، بجوار شيكاغو ، يفسر ذلك الأمر بأنه بخلاف الماء الذى يبرد المفاعلات التقليدية ، فان الصوديوم السائل لا يغلى ولا يتبخر بسرعة وسهولة ٠

وعند درجات حرارة تشغيل المفاعلات النووية ، رهى حوالى ٥٠٠ درجة مئوية ، نجد ان الصوديوم السائل يبقى كما هو سائلا ، فهو لا يغلى الا عندما تصل درجة الحرارة الى حوالى ٩٠٠ درجة مئوية ٠

ولذلك ، فانه عند حدوث أى حادث ، مثل توقف المضخات التى تدفع السائل المبرد الى داخل قلب المفاعل ، فان خاصية Thermoinertia الصوديوم السائل ، كافية لتبريد قلب المفاعل ، لفترة زمنية معينة ٠

وهذه الخاصية ، هى السبب الأول فى اختيار الصوديوم السائل لهذا الغرض ٠

مزايا متفوقة :

ان مفاعل ايداهو ، الذى يبرد بالصوديوم السائل، ما هو الا جهاز تجريبى ، يجرى استخدامه ، لاختبار المبادىء التى يمكن استخدامها فى جيل جديد من المفاعلات النووية ، المستخدمة فى توليد القوى الكهربية ٠

والتصميم الجديد سوف يطلق عليه اسم IFR

وهى الحروف الأولى من Integral Fast Reactor (أى المفاعل السريع التـكاملى) ، ســوف يكون مبردا بالصوديوم السائل ·

وبالاضافة الى مقدرته على امتصاص كميات كبيرة من الحــرارة ، فى حالات الطــوارىء ، فان له مزايا أخرى ، تفوق ما للماء من مزايا ·

ويشرح ذلك (تشارلز تيل) بقوله : « اذا استخدم الماء الخفيف للتبريد ، للوصــول الى درجات حــرارة تكفى لتوليد الكهرباء بكفاءة ، فانه يجب ابقاء الماء ، تحت ضغط مرتفع ، لمنعه من الغليان » ·

وهذا هو نظام الضغط العالى ، الذى يحتاج الى اناء سميك الجدران ، ليتحمل الضغط ·

وفى حالة المفاعل السريع التكاملى (IFR) ، الذى يستخدم الصوديوم السائل ، نجد أن الصوديوم السائل يعمل جيدا عند درجات حرارة تشغيل المفاعل ، التى تقل عن درجة غليان الصوديوم » ·

« وهذا يعنى أنه يمكن تشغيل جزء المفاعل ، من النظام كله ، تحت ضغط جوى » ·

نواتج التآكل :

وبما أنه ليست هنـــاك حاجة الى أوان ســميكة الجدران ، لتتحمل الضغط العالى للماء المسخن الى درجة

حرارة عالية ، فان استخدام الصوديوم السائل ، يؤدى الى تصميم للمفاعلات ، أبسط وأصغر ٠

كما أن الصوديوم السائل ، أقل اتلافا لنظام المفاعلات ، من الماء ، ذلك أن الصوديوم السائل غير متلف للفلزات الأخرى ، الى درجة كبيرة ، وخاصة الصلب الذى لا يصدأ ٠

وعندما تصنع المفاعلات من هذا النوع من الصلب، فانه فى حالة استخدام الماء فى التبريد ، وحيث أن الماء متلف للفلزات ، فانه كثيرا ما تتكون نواتج تآكل مشعة ، كانت فى داخل نظام المفاعل ، فى أول الأمر ، ثم حملها تيار الماء ، فيما بعد ، حول جميع أجزاء نظام المفاعل ٠

وتترسب نواتج التآكل المشعة ، فى أجزاء النظام، مثل المضخات ، وغيرها ٠

وعلى ذلك ، فان عمال الصيانة ، يجب عليهم أن يعملوا ، فى كثير من الأحيان ، فى وجود مجالات اشعاعية عالية ٠

ولكن هذه المشكلة تختفى ، فى حالة استخدام الصوديوم السائل ٠

عامل أمان آخر :

والعيب الرئيسى لاستخدام الصوديوم السائل فى

عملية التبريد ، هو أن الصوديوم يتفـاعل مع بخـار الماء ، الذى يوجد فى الجو ٠

ولمنع تلوث المبرد بالماء ، يحفظ الصوديوم السائل، تحت طبقة تغطية من غاز الأرجون ، وهو مادة خاملة، لا تتفاعل ٠

ويلاحظ أن التبريد بالصوديوم السائل ، ليس هو الأمر الوحيـد المقترح ، لرفع درجه الأمان ٠ ذلك أن الوقود، فى المفاعل السريع التكاملى، له تركيب خاص٠

وبخلاف وقود أكسيد اليورانيوم السيراميكى . الذى يستخدم فى المفاعلات التقليدية ، فان المفاعل السريع التكاملى سوف يستخدم وقود فلزاليورانيوم ٠

وهـذا أمر هام ، لأن الفلزات ، بخـلاف المـواد السيراميكية ، تتمدد عندما تسخن ٠ وهذا يدفع الذرات بعيدا عن بعضها البعض ٠

حينئذ ، يكون على النيوترونات أن تسير مسـافة أطول ، لتحفظ للتفاعل المتسلسل استمراره ٠ فيبطىء تيار النيوترونات ، الذى يؤدى الى توليد الحرارة ، الى أن يتوقف فى النهاية ، بدون تدخل بشرى ٠

وهذا هو ما حدث أثنـاء الاختبـار ، فى مفـاعل ايداهو التجريبى ٠

تفسير ما حدث :

ويصف (تشارلز تيل) ما حدث فى هذه التجربة المثيرة ·

« مفاعل يعمل بكامل قوته ، ثم تعطل نظم الامان، وتصدر الأوامر الى العاملين بألا يعملوا شيئا · وتوقف جميع المضخات » ·

« حينئذ نتوقع نتيجة مذهلة » ·

« الا أن ما حدث ، هو آن درجة حرارة السائل المبرد ، الخارج من قلب المفاعل، ارتفعت لفترة قصيرة ، وبعد دقائق قليلة ، عادت الى حالتها الطبيعية » ·

« وانخفضت قوة المفاعل الى الصفر · ويصل المفاعل الى حالة الثبات ، خلال دقائق قليلة ، عند درجة الحرارة العادية ، وقوة الصفر » ·

« ويبقى المفاعل كذلك ، وذلك بدون أى تدخل من العاملين هناك ، على الاطلاق » ·

« وبمجرد أن ترتفع درجة حرارة السائل المبرد ، تنخفض درجة حرارة الوقود ، وتنخفض القوة بسرعة، الى الصفر » ·

« وهذه الخاصية لا يتميز بها الا الوقود الفلزى · والسبب فى هذا نعرفه من تجاربنا العادية : اذ أن

الفلزات توصل الحرارة جيدا ، فيما نجد أن المواد السيراميكية لا توصل الحرارة » ٠

« وهذا التوصيل الجيد للحرارة هو الذى يجعل القوة تنخفض بسرعة الى الصفر » ٠

مشكلة رئيسية :

ومن المشاكل الرئيسية التى تتعلق بالقوى النووية ، مشكلة التعامل مع مخلفات المفاعلات النووية، وكيفية التخلص منها ٠

وهذه المخلفات نواتج طبيعية لانشطار ذرات اليورانيوم ، وبعضها يبقى مشعا ، الى درجة كبيرة ، لفترات طويلة للغاية ٠

مثال ذلك أن البلوتونيوم ٢٣٩ له فترة عمر نصف ، تبلغ أكثر من ٢٤ آلف عام ، وهذه هى الفترة التى يتحلل فيها نصف عدد الذرات المشعة ، فى عينة من هذه المادة ، الى نظائر ، أو عناصر أبسط ٠

ومعظم نواتج الانشطار الأخرى ، لها فترات عمر نصف ، أقصر كثيرا ، يصل بعضها الى أيام قليلة ٠

المفاعل المولد :

ان المفاعل السريع التكاملى ، الذى يخططون له ، ومفاعل الأبحاث فى ايداهو ، هما من نوع المفاعل

المولد • أى أن هـذين المفاعلين ينتجان البلوتونيـوم بكميات كافية ، يمـكن استخدامها كوقود نووى ، فى نفس النظام الذى تنتج فيه •

ويرى نقاد المفاعل المولد ، أن انتاج هذه المادة ، ذات الاشـعاعية العاليـة ، كجزء من دورة الوقود فى المفاعل ، انما هو خطر كامن •

المفاعل السريع التكاملى :

أما الدكتور (تشارلز تيل) ، الذى يعمـل فى معمل أرجون القومى ، فانه ينظر الى الموضوع نظـرة أخرى •

« فى تصميم مفاعل IFR الذى نعمل فيه الآن، نجـد أنه ينتج البلوتونيوم ، الذى يسـتخدم كـوقود نووى ، فى نفس المفاعل • وهو بذلك يمـد المفـاعل بامدادات من الوقود لا تنفذ » •

« واذا قارنا ذلك بالمفـاعلات التجارية الموجـودة حاليا ، مثل مفاعلات المـاء ، نجـد أن النظائر التى تنشطر ، والتى توجد فى وقود هذه المفاعلات ، يبلـغ مقدارها حوالى ثلاثة فى المائة » •

« وفى هذه المفاعلات ، نبدأ باليورانيـوم ٢٣٥ كمادة قابلة للانشطار ، وليس بالبلوتونيوم » •

« ومع تقدم الاشعاع ، ومع عمـل المفـاعل لأيام

وسنوات ، يتكون البلوتونيوم بكميات كبيرة (حوالى ٥٠٠ رطل فى العام) ، ويحرق جزء من البلوتونيوم . ويبقى الباقى كمكون للمخلفات » ٠

« ويهدف تصميم المفاعل السريع التكاملى (IFR) الى انتاج البلوتونيوم ، واستخدامه ، كوقود نووى فى نفس المفاعل ، وفصل المكونات طويلة العمر من النواتج » ٠

عشرون فى المائة :

ويقول الدكتور (ريتشارد لستر) ، الأستاذ فى معهد مساشوستس للتكنولوجيا ، أنه يوجد حاليا ، فى الولايات المتحدة ، مائة محطة قوى نووية ، تنتج حوالى ١٥ فى المائة من انتاج الكهرباء ، فى هذه البلاد ٠

وهناك حوالى ٢٠ أو ٣٠ محطة أخرى ، فى مراحل مختلفة من بنائها ٠

وعندما يتم بناء هذه المحطات ، فى حوالى عام ١٩٩١ ، فان الولايات المتحدة ، سوف تستمد عشرين فى المائة من انتاجها من الكهرباء ، من محطات قوى نووية ٠

الا أنه يلاحظ أنه لم تصدر أوامر بانشاء محطات قوى نووية جديدة ، منذ عام ١٩٧٨ ٠

وهذا يعنى أنه ، بعد اتمام انشاء المحطات التى يجرى العمل حاليا فيها ، فانه لن تكون هناك محطات قوى نووية ، فى مرحلة الانشاء ، لفترة طويلة ·

انواع جديدة من المفاعلات النووية :

ويقول الدكتور (تشارلز تيل) ، الذى يعمل فى معمل ارجون القومى ، ان الحوادث التى حدثت فى تشيرنوبيل ، وفى (ترى مايل ايلاند) تشير الى الحاجة الى انشاء أنواع جديدة من المفاعلات ·

ان القوى النووية ، ما هى الا ضحية لنجاحها ، لان ما حدث ، هو أن الجيل الأول من المفاعلات النووية ، قد استخدم على نطاق تجارى ·

وهذه تكنولوجيا يمكن تحسينها وتطويرها ، لدرجة كبيرة ، تماما مثل تكنولوجيا محرك الاحتراق الداخلى ، وغيرها من التكنولوجيات ·

ويبدو أننا لا ندرك هذا تماما · فالكثيرون يربطون القوى النووية ، بالجيل الحالى من المفاعلات · اذ أنهم يظنون أنها تكنولوجيات استاتيكية · ولكنها ليست كذلك ·

وليس هناك سبب ، على الاطلاق ، لتجميد القوى النووية فى صورتها الحالية · فهناك صور أخرى ، فى أسلوب الأمان الذى اتبعه مصممو هذه المحطة أفضل كثيرا ، ومن الممكن الوصول اليها ·

الايدروجين : وقود الغد

وقود ممتاز :

يعرف الايدروجين ، منذ زمن طــويل ، بأنه وقود ممتاز : ذلك أنه يمكن تخزينه بسهولة ، ونقله الى حيث يستهلك ، كمصدر للقوى فى المنازل ، وفى الطائرات. وفى غيرها من المركبات ٠

ان الغاز الطبيعى الذى كان يستخدم فى الولايات المتحدة ، فى أوائل القرن العشرين ، والذى كان يعرف باسم « غاز الفحم » ، لأنه كان يستخلص من الفحم ، كان نصفه من الايدروجين ٠

ويحتوى كل وزن من الأيدروجين ، عــلى ضــعف ما يحتويه نفس الوزن من وقود السيارات من الطاقة ، بدون أية ملوثات ٠

ويستخدم الأيدروجين ، فى يومنا هذا ، فى الحالة السائلة ، مع الأوكسجين ، كوقود لصواريخ الفضاء ٠

وان السحب المشهورة التى نراها تغلف الصواريخ عند اطلاقها ، لا تســبب تلــوث الهــواء بالمعنى الذى

اصطلح عليه العلماء • ذلك أن هــذه الســحب ليست الا بخار ماء ــ وهى الناتج الوحيـــد الذى ينتج عن احتراق الايدروجين •

اقتراح مينل :

فى عام ١٩٧٠ ، تمكن عالمان من جامعة أريزونا، من جذب الانتباه ، عندما قدما اقتراحا طموحا ، يهدف الى تحويل أكثر من خمسة آلاف ميل مربع من الصحراء الجنوبية الغربية ، فى الولايات المتحدة ، الى ما أطلقا عليه اسم « مزرعة القوى الشــمسية الوطنية » ، تلك المزرعة التى ينتظر أن يكون فى امكانها مد الولايات المتحدة باحتياجاتها من الكهرباء ، فى القرن الحــادى والعشرين •

هذان العالمان هما الدكتور (أدن مينل) ، مدير مركز العلوم البصرية في جامعة أريزونا ، وزوجته ، التى تعمل فلكية فى نفس الجامعة •

لقد كرس هذان العالمان جهـودهما ، طـوال عدة سنوات ، لدراسة امكانية استخدام الطاقة الشمسية ، لتوليد القوة ، على نطاق كبير •

مزرعة القوى الشمسية :

ولقد لخص هذان العالمان ، النتائج التى توصلا

اليها ، وخطتهما لتوليد القوة ، في كتابهما « القـوة للناس » ٠

ان مشروع « مزرعة القوى الشمسية الوطنية » ، الذى اقترحه هذان العالمان ، يعتمد عـلى مبدأ تركيز الطاقة الشمسية ، باستخدام المزايا ، لتسـخين مائع ، يوصل الحرارة اللازمة لتوليد البخار ، اللازم لتشغيل مولد كهربى ، من النوع التقليدى ، ذى التربين ٠

وباستثناء استخدام هذه المحطة للطاقة الشمسية ، كمصدر للحرارة ، فان محطة القوى هذه لا تختلف عن محطات القوى التقليدية ، التى تعمل بالوقود الحفرى ٠

تحليل الماء الى عنصريه :

لقد رفض هذان العالمان فكرة انتاج الأيدروجين ، كوسيلة لخزن الوقود ، فى محطاتهم الشمسية المقترحة ، وذلك لأن هذا يحتاج الى مرحلتين لتحويل الطاقة :

تتلخص المرحلة الأولى فى انتاج القوى الكهربية ، فى المحطـة الشـمسية ، بكفـاءة تبلغ حـوالى ثلاثين فى المائة ٠

وفى المرحلة الثانية ، تستخدم هـذه الكهرباء فى تحليل الماء الى عنصرية : الأيدروجين والأوكسجين ٠

وهناك أجهزة متـوافرة ، عـلى نطاق تجـارى ،

تستخدم الكهرباء لتحليل الماء الى آيدروجين وأوكسجين، بكفاءة تصل الى سبعين في المائة .

ثم يطلق الأوكسجين في الهواء ، ويخزن الأيدروجين ، ليستخدم في وقت لاحق ، كوقود مباشر .

ويرى هذان العالمان أن اعادة تحويل وقود كيميائي (الأيدروجين) عن طريق احراقه ، ليس أمرا جذابا، لأنه يتضمن خفضا في الكفاءة الديناميكية الحرارية ، ويقلل الكفاءة الكلية ، بمقدار ستين في المائة .

ولو أنه كانت هناك خلايا وقود ، رخيصة الثمن، وطويلة العمر ، تقوم بأكسدة الأيدروجين ، وانتاج الأيدروجين ، وانتاج الكهرباء ، لأمكن تقليل تأثير هذه المشكلة الى حد كبير .

ولكن خلايا الوقود هذه لم تتوافر بعد .

مشروع هليوس ـ بوسيدون :

الا أن عددا من العلماء الأمريكيين ، قد اقترحوا أفكارا لاستخدام الطاقة الشمسية ، بعد تركيزها ، عن طريق استخدام مجمعات شمسية ، لانتاج الحرارة والكهرباء ، ليستخدما بدورهما في انتاج الأيدروجين .

ذلك أن مهندسا استشاريا من ميتشجان ، هو المهندس (وليام أشر) اقترح خطة طموحة ، لعمل شبكة واسعة من المجمعات الشمسية ، المجهزة بمرايا ، لتركيز

الأشعة ، لانتاج البخار اللازم لتوليد الكهرباء ، ثم انتاج وقود الأيدروجين ، عن طريق تحليل الماء كهربيا ، على أن يجهز المصنع بوحدات لتقطير المياه ، باستخدام الطاقة الشمسية ، لانتاج الماء المقطر ، اللازم لتغذية وحدات تحليل المياه ٠

لقد أطلق على محطة (اشر) للقوى الشمسية والأيدروجين ، اسم (هليوس ـ بوسيدون) ، الهى الشمس والبحر ، عند القدماء ، واقترح بناؤها على قواعد عائمة ، في المحيط الهادى ٠

تطفو على سطح الماء :

ان هذه الفكرة التى أزاح الستار عنها الدكتور (اشر) ، فى اجتماع للجمعيه الكيميائية الأمريكية ، عقد فى عام ١٩٧٢ ، تتضمن استخدام مجمعات شمسية ذات مرايا ، تشبه تلك التى بناها رائد الطاقة الشمسية ، الدكتور (تشارلز أبوت) ، فى الثلاثينات، وتلك التى شيدها الدكتور (هارى تابور) فى الخمسينات ٠

ومن المقترح أن تشغل محطة (هليوس ـ بوسيدون) مساحة مربعة من المحيط ، يبلغ طول ضلعها حوالى ٣ر٤ ميلا ٠

تطفو على سطح الماء ثمان وأربعون وحدة ، تحتوى كل منها على مجمعات شمسية ، وأجهزة لتحليل

لماء كهربيا، وخـزانات تحت المـاء ، لتخـزين وقود لأيدروجين ٠

وتتصل خزانات الأيدروجين ببعضها البعض ، عن طريق أنابيب ، لتغذية محطة الضخ الرئيسية ٠ وهناك يبرد الأيدروجين الغازى الى درجة حـرارة منخفضـة للغاية (ـ ٤٢٣ درجة فهرنهيت) ، يتحـول عنـدها الأيدروجين الى سائل ، تنقله الناقلات الى البلاد التى تطلب شراءه ٠

دراسات الجدوى للمشروع :

ويعتقد المهنـدس (اشر) أن اقتصاديات وقـود الأيدروجين ، فى الولايات المتحدة على الأقل ، سـوف تتبع اقتصاديات الغاز الطبيعى الحالية ، التى تواجه الفناء ، ما لم يمكن تنمية مصادر ـ جديدة لهذا الغاز ٠

وهو يرى أن تكنولوجيا نقل الغاز المسال ، عنـد درجة حرارة ـ ٢٦٠ درجة فهرنهيت ، عبر المحيطات ، فى ناقلات خاصة ، قد أكدت الجدوى التكنولوجية لهذا النظام المقترح ٠

ذلك أن كل ما يلزم لنقـل الأيدروجين السـائل المبرد ، انما هو تعديل للتكنولوجيا المستخدمة حاليا ٠

تكاليف كبيرة :

ان مشروع (هليوس ـ بوسيدون) يتكلف حـوالى

٥ر١ بليون دولار ، وينتج ٦٧٠ طنا من الأيدروجين المسال ، و ٥٣٦٠ طنا من الأوكسجين المسال ، كل يوم ٠

وانتاج القـوى لهـذا النظام ، يعادل انتاج محطة للقوى ، قدرتها مليون كيلووات ٠

ويلاحظ المهندس (أشر) فى مشروعه الابتدائى ، الذى قدمه فى عام ١٩٧٢ ، أن تكاليف هذا المشروع ، يمكن مقارنتها بتكاليف مشروع (مينل) ٠

وبالرغم من انعدام تكاليف الوقود والأرض ، فى مشروع (هليوس ـ بوسـيدون) ، فان هـذا يمـكن ترجمته الى تكاليف طاقة ، تبلغ خمسة أضعاف التكاليف التقليدية ٠

عائد مجز :

وعند تقييم هذا النظام ، فانه يجب أن نأخـذ فى الاعتبار ، عددا من تكاليف الطاقة ٠ ذلك أنه من المنتظر أن يكون هناك فاقد فى الطاقة ، فى المراحل المختلفة :

عنـد تجميع الطاقة الشـمسية ، بواسـطة المرايا البارابولية ، وعند تحويل الطاقة الشمسية الى بخار ، فى المراجل ، وفى عملية التحليل الكهربى للماء ، وفى عملية تحويل الوقود (الأيدروجين) ، ونقله عند درجة حرارة منخفضة ٠

وبالرغم من هذا للفاقد ، والانخفاض الناتج عنه

فى الكفاءة الكلية للمصنع ، فان المهندس (اشر) يرى أن هذا المصنع الذى يتكلف ٥ر١ بليونا من الدولارات، سوف ينتج ما تقدر قيمته باثنين وستين مليـونا من الدولارات ، فى كـل عام ، من وقـود الأيدروجـين ، الأمر الذى يبرر تكاليف المشروع ٠

مشروع جامعة هيوستن :

وهناك مشروع آخر ، وضعه عدد من الفيزيائيين، والمعماريين ، والمهندسين ، العاملين فى جامعة هيوستن٠

ويهدف هـذا المشروع الى تطبيق فكرة المركزات الشمسية ، على نظم تخزين طاقة الأيدروجين ٠

وتتلخص فكـرة المشروع فى اقامة صـفوف من العدسات ، أو المـرايا ، التى تجمع أشـعة الشـمس ، تحيط بمرجل هائل ، موضوع فوق برج يبلغ ارتفاعه ألفا وخمسمائة قدم (أعلى من أعلى ناطحة سحاب فى الـولايات المتحـدة ، بما فى ذلك برج (سيرز) فى شيكاغو ، الذى يبلغ ارتفاعه ١٤٥٤ قدما) ٠

هذا المرجل يمكن أن يكون جزءا من نظام تقليدى، مكون من تربين بخارى ، ومولد ، أو قد يكون جزءا من نظام مولد ايروديناميكى مغناطيسى متقدم ٠

تسخن أشعة الشمس هذا المرجل ، فيتولد البخـار الذى يمدنا بالحرارة اللازمة لتوليد الكهرباء ، التى

تســـتخدم فى أجهـزة التحليـل الكهربى ، لتوليـد الأيدروجين •

تقليل فاقد الطاقة :

ومن أكبر مؤيدى هذا المشروع ، قسم الفيزياء فى جامعة هيوستن ، وهناك عالمان كبيران ، هما الدكتور (هيلدبرانت) ، رئيس قســم الفيزياء فى جامعـــة هيوستن ، والدكتور (هاس) ، وهو فيزيائى له خبرة كبيرة فى برنامج الطاقة الانتـاجية ، التـابع لادارة الطـــاقة الذرية الأمريكيــة ، والذى يهتـم بتطـوير الايدروديناميكا المغناطيسية ، لاســتخدامها فى هــذا المشروع الشمسى •

وفى الملخص الذى أعده هـذان العـالمان لهـذا المشروع، نجدهما يلاحظان أن مفتاح التطوير الناجح، لأى مشروع كبير ، لتحويل الطاقة الشمسية ، هو تقليل الفاقد من الطاقة ، فى جميع المراحل ، الى أدنى حد ممكن •

كفاءة عالية :

ان الايدرودينا ميكا المغناطيسية ماهى الا تكنولوجيا متقدمة ، تولد الكهرباء بطريقة مبـاشرة ، عن طريق امرار الغاز المتأينة ، فى مجال مغناطيسى •

وكفاءة هذه الطريقة تفوق كفاءة الطرق التقليدية لتوليد الكهرباء ، عن طريق التربين البخارى .

ويلاحظ أن الايدروديناميكا المغناطيسية يمكنها أن تستخلص خمسين فى المائة ، أو أكثر ، من القهوة الكهربية ، من الغاز المسخن عن طريق المرجل الشمسى .

بينما نجد أن أفضل محطات القوى الكهربية التقليدية ، لا تحول الا أربعين فى المائة ، على الأكثر ، من محتوى الطاقة فى الوقود ، الى كهرباء .

يضاف الى ذلك أن المولد الايدروديناميكى ليس به أجزاء متحركة ، ويمكن تصغيره الى حجم يقل عن حجم نظام التربين البخارى التقليدى .

ولما كانت معدات توليد الكهرباء ، ومعدات تحليل الماء الى عنصريه : الأوكسجين والأيدروجين ، يجب أن توضع على قمة برج يبلغ ارتفاعه ١٥٠٠ قدم ، فان وزن المعدات ، وحجمها ، لهما أولويات هامة .

ثلاثون فى المائة :

وبالاضافة الى هذا البرج الضخم ، فان هذا المشروع يحتاج الى مساحة كبيرة من الأرض ، كما تحتاج المحطة الواحدة الى مائتين وخمسين ألف مرآة وعدسة ، تغطى مساحة مقدارها ميل مربع .

ويتراوح انتاج المحطة من الكهرباء بين اربعين ألف كيلووات في فصل الشتاء ، وثمانين ألف كيلووات في فصل الصيف ، عندما تسطع الشمس وقتا أطول ، كل يوم .

ويعتقد الدكتور (هيلدبراندت) والدكتور (هاس) أن الكفاءة الكلية لهذه المحطة ، في تحويل حرارة الشمس الى كهرباء ، تبلغ حوالى ثلاثين في المائة ، مع حساب فاقد الحرارة في المجمعات الشمسية ، والمرجل ، والنظام الأيدروديناميكي المغناطيسي .

هذا ، بينما تبلغ الكفاءة الكلية ، للنظام الكهربي الشمسي ، الذى يولد الأيدروجين ويخزنه ، أقل من عشرين في المائة .

تكاليف المحطة :

لقد استوحى هذا المشروع بعض الأفكار من الفرن الشمسي الذى شيده الدكتور (فيليكس ترومب) ، في جبال البرانس الفرنسية ، في الخمسينات والستينات .

وقد صرح الدكتور (هاس) بأن هذا المشروع الجديد ، يفرض امكانية بناء نظام المرايا ، بتكاليف تبلغ عشر التكاليف التى تكلفها نظام الدكتور (ترومب) ، وهي دولاران للقدم المربع . وهذا يعنى ٢٥ مليونا من الدولارات ، لهذا النظام ، الذى يبلغ قطره ميلا .

أما التكاليف الأخرى فتشمل ١٥ مليونا من الدولارات للبرج ، وأربعين مليون دولار لاستهلاك المعدات ، توزع على ثلاثين عاما ٠

وبهذا تتكلف المحطة ثمانين مليون دولار ٠

ويلاحظ أن هذا لا يشمل المولد الأيدروديناميكي المغناطيسي، ونظام توليد الأيدروجين بالتحليل الكهربى، ثم تخزينه ٠

طاقة منافسة :

ويعتقد الدكتور (هاس) أن تكاليف القوى المولدة عن طريق هذا النظام ، محسوبة على أساس متوسط جميع تكاليف معدات المحطة ، وبفرض أن عمر المحطة ثلاثون عاما ، هى حوالى ٦ ميل (MILS) لكل كيلو وات ساعة من الكهرباء ٠

الا أنه اذا استخدمت الكهرباء لانتاج الأيدروجين، فانه يجب اضافة تكلفة اضافية ، تضاعف قيمة التكاليف ٠

ويبدو أن اقتصاديات هذا النظام للفرن الشمسى غير العادى ، تتناسب مع التقديرات الاقتصادية لغيرها من المحطات الحرارية الشمسية ، ومحطات القوى الكهربية الشمسية ٠

ومن هذا الملخص للتكاليف ، يستخلص الدكتور

(هاس) ، والدكتــور (هيلدبراندت) أن الطــاقة الشمسية سوف تصبح منافسة لتكاليف انتــاج الطاقة التقليدية ، فى المستقبل القريب .

وذلك لأن التكنولوجيا اللازمة ، مفهــومة الى حد كبير ، وكاف ، بحيث تسمح بتطوير تحويل الطــاقة الشمسية ، على نطاق كبير .

مشروع ثالث :

أما العالم الفيزيائى (نورمان فورد) ، والعالم الفيزيائى (جوزيف كين) ، اللذان يعملان فى جامعة مساشوستس ، فانهما قد اقترحا فكرة لها علاقة بهــذا المشروع الثانى ، ولكنها تختلف عنه . وكان ذلك فى عام ١٩٧١ .

ويهــدف هــذا المشروع الى اســتخدام مــرايا ، وعدسات شمسية ، لتركيز أشعة الشمس على مرجل ، للوصول الى درجات حرارة عالية ، بما يكفى لتحليــل الماء حــراريا ، الى أيدروجين وأوكســجين ، ثم يطلق الأوكسجين فى الهواء ، ويخزن الأيدروجين كوقود .

وللوصــول الى درجات الحــرارة اللازمة ، اقترح هــذان العــالمان اقامة مجمــوعات كبيرة من عدســات فرينل الرخيصة الثمن ، المصنوعة من اللدائن .

ولتشغيل محطة للقوى تنتج مليون كيلووات من الكهرباء ، في أثناء ساعات سطوع الشمس ، وجد أنه

يلزم استخدام عدسات فريزنل ، تبلغ مساحاتها ميلين مربعين ، مرتبة على المحور الممتد من الشرق الى الغرب ، الذى هو عامل مشترك فى محطات القوى الشمسية ٠

وفوق برج فى مركز هذه المجموعة ، يوضع المرجل عند بؤرة العدسات ، لينتج درجة حرارة مرتفعة (تبلغ ١٥٠٠ درجة مئوية) ٠

وعند درجة الحرارة هذه ، يتحلل بعض بخار الماء تحللا حراريا ٠

وعند مرحلة الاتزان ، يتحلل حوالى ٧٠ر٠ فى المائة ، من البخار ، الى أيدروجين وأوكسجين ٠

اقتصاديات المشروع :

وقد اقترح هذان العالمان ، أن تكون محطة القوى المقترحة ، عاملا هاما فى انتاج أيدروجين رخيص ، يمكن تسويقه ، حتى يصبح الأيدروجين وقودا رئيسيا، فى الولايات المتحدة ٠

ويرتكز المشروع على أساس من تقديرات لتكاليف محطة القوى ، التى قدراها بثلاثة وثلاثين دولارا لكل متر مربع، (يذهب جزء كبير منه الى المرجل والعدسات، ويقدر بعشرة دولارات لكل منهما) ٠

واذا بيع الأيدروجين بنفس أثمان وقود السيارات — أى أن محتوى طاقة مكافىء ، يباع بسعر مكافىء —

فان وقود الأيدروجين الذى يجمع فى هـذه المحطة ، يساوى عشرة دولارات فى العام ، لـكل متر مربع من مساحة المحطة .

وبفرض عائد عـلى الاستثمارات يقـدر بعشرة فى المائة فى العام ، فان هـذا يعنى أنه من المعقـول انفاق مبلغ يتراوح بين ثلاثين ، وتسعين دولارا ، لكل متر مربع .

وهذا يمـكن مقـارنته بالتقـديرات السـابقة ، الا وهى ٣٣ دولارا لكل متر مربع .

تقديرات التكاليف :

ان احدى المعضلات الرئيسية التى تواجه القائمين على اقامة محطة قوى شمسية كبيرة ، لتوليد الكهرباء ، أو لانتاج الأيدروجين ، انما هى رأس المال الهائل ، اللازم لذلك .

ذلك أن التكاليف المبدئية ، تعادل تلك التى تلزم لشراء محطة قوى تقليدية ، تعمل بالوقود الحفرى ، أو محطة قوى نووية ، واحتيـاجات تلك المحطـة من الوقود ، طوال عمر تشغيلها .

وهناك دراسة أعدتها شركة ايروسبيس Aerospace Corporation عن محطات القوى الحرارية تشير الى أن تضخما بنسبة ثمانية فى المائة فى العام ،

سوف يزيد كثيرا من تكاليف مشروع شمسي ، ذى راس مال كبير ·

لقد حسب القائمون بهذه الدراسة جميع التكاليف المعروفة ، اعتمادا على الاقتصاديات والتكنولوجيا الحالية ، لبناء محطة القوى هذه · ووصلوا الى أن الكهرباء الشمسية ، سوف تكلف ٨ر٤ سنت ، لكل كيلو وات ـ ساعة ، وذلك فى عام ١٩٩١ ·

كهرباء أكثر أمانا :

ان جهود البحث والتطوير المتزايدة ، من جانب الحكومات والشركات الصناعية ، يجب أن تخصص لموضوع الطاقة الحرارية الشمسية ، التى تمهد السبيل الى كهرباء أكثر وفرة ، وكهرباء أكثر أمانا ، من تلك التى نحصل عليها من المصادر التقليدية ·

وجدير بالذكر أنه فى عام ١٩٧٣ ، اقترحت لجنة من هيئة بحوث الفضاء الأمريكية ، ومن مؤسسة العلوم القومية الأمريكية ، انفاق ١٣ر١ بليون دولار، لتطوير وبناء محطات قوى حرارية شمسية ، على سطح الأرض ·

ولم يكن هذا الا كسرا من الميزانية التى اقترحتها هيئة الطاقة الذرية الأمريكية ، لعدة أنواع من محطات القوى النووية ·

ويلاحظ أن هذه الميزانية الكبيرة لا تشمل بلايين الدولارات ، التى أدت الى ميلاد هذه التكنولوجيا المهمة .

وقد جاء فى مقال نشرته مجلة العلم الأمريكية ، أن تقديرات شركة ايروسبيس ، لتكاليف محطات القوى الحرارية الشمسية ، قد جعلت تكاليف الكهرباء الشمسية ، فى عام ١٩٩١ ، أقرب الى المنافسة الاقتصادية ، مع الكهرباء النووية .

ويلاحظ أن تقديرات التكاليف هذه ، لا تدخل فى الإعتبار ، انخفاض التكاليف الناتج عن انتاج المكونات الشمسية ، على نطاق كبير ، ولا التكاليف البيئية (التى تكاد تساوى صفرا) لمحطات القوى الشمسية .

الايدروجين : وقود المستقبل

تحليل الماء الى عنصريه :

ان البحث عن مصادر بديلة للطاقة ليس أمرا جديدا • فمنذ مائة عام ، ظهرت قصة « الجزيرة الغامضة » ، من تأليف (جولز فيرن) ، الذى كتب عن الفحم : « لولا الفحم ما كانت هناك آلات • ولولا الآلات ، ما كانت هناك سكك حديدية ، ولا سفن بخارية ، ولا صناعات ، ولا تلك الأشياء ، التى لا غنى عنها للحضارة الحديثة » •

لقد وجد (فيرن) الحل فى الماء ليس الماء القراح ، ولكنه يحلل الى عنصريه الأولين ••• يحلل بالكهرباء بدون شك ••• سوف يستخدم الماء فى يوم من الايام كوقود » •

« ان الأيدروجين والأوكسجين ، اللذين يكونان ، الماء ، سوف يمدان البشر بمصدر لا ينفد من الحرارة والضوء القويين ، يفوقان فى قوتهما ما يمكن أن يقدمه لنا الفحم » •

كذلك نجد أن (جون وودكامبل) ، محـرر مجلة القصص العلمي المثير ، منذ عام ١٦٣٨ الى عام ١٦٧١. نشر في عام ١٩٥٠ قصة عنوانها « القمر جحيم » . ناقش فيها ، ببعض التفصيل ، استخدام الأيدروجين كوقود ٠

لقد كان (كامبل) يفكر في استخراج الأيدروجين والأوكسجين من الماء ، عن طريق تحليله كهربيا ، وذلك باستخدام الطاقة التى تجمعها الخلايا الكهربية الضوئية ٠

لقد كانت الدورة تتلخص في حرق الأيدروجين في الأوكسجين ، ليلا ، للتدفئة بالحرارة الناتجة ، ثم جمع الماء المتكون ، لتحليله كهربيا ، مرة ثانية ، في اليوم التالى ٠

وقود مثالى :

ومن عدة نواح ، نجد أن الأيدروجين وقود مثالى ـ الا أنه ليس وقودا طبيعيا أو واضحا ٠

ويمكن انتاج الأيدروجين ، بكميات كبيرة ، من الفحـم أو الزيت ، أو من الطاقة الكهربيـة ، أو من الغاز الطبيعى ٠

والأهم من ذلك ، أنه يمـكن انتاجه عن طـريق تحليل الماء ، باستخدام الطاقة الكهربية ، وهذه الطاقة

قد تأتى من مفاعل نووى ، أو من خلية كهربية ضوئية ، أو من طريق آخر ٠

ولعل أكبر ميزة لوقود الأيدروجين تتركز فى تأثيره على البيئة : عندما يحترق الايدروجين ، فمن ناتج الاحتراق الوحيد هو الماء ٠ ولا تتكون ملوثات ، مثل أول أكسيد الكربون ، أو ثانى اكسيد الكربون ، او ثانى أكسيد الكبريت ، أو الايدروكربونات ، أو الأجسام الصغيرة ، أو المؤكسدات الكيميائية الضوئية ، وغيرها ٠ تلك الملوثات التى تنتج عند حرق الوقود الحفرى التقليدى ٠

الا أن كمية صغيرة من أكسيد النيتريك ، تتكون، وذلك بسبب الهواء الذى يدخل الى شعله الأيدروجين، ولكن ذلك يمكن التحكم فيه ، اليوم ، باستخدام التكنولوجيا الحديثة ٠

اقتصاد طاقة من نوع جديد :

واذا تساءل البعض عن امكانية استخدام هذا الوقود ، على المدى الطويل ، فاننا نطمئنهم بأننا نتحدث عن مواد تتوفر بكميات غير محدودة ، ألا وهى الماء والهواء ٠

لقد حققنا ، فى الواقع، حلم الكيميائيين القدماء ، حين صنعنا شيئا من الهواء والنار والماء ، والنار ، فى حالتنا هذه ، هى ضوء الشمس ٠

ويحق لنا أن نتوقع أن نرى ، فى المستقبل ، اقتصاد طاقة من نوع جديد : فيه يصنع الأيدروجين من الماء والطاقة الكهربية ، ثم يخزن الأيدروجين الى حين الحاجة اليه •

ثم يحرق الأيدروجين ، كوقود ، لينتج الكهرباء ، والحرارة ، والطاقة الميكانيكية •

والأيدروجين أحد العناصر التى تدخل فى صناعة الأسمدة ، وكيماويات أخرى عديدة • وعلى ذلك ، فانه يبدو لنا وقودا مثاليا •

ويستخدم الأيدروجين ، اليوم ، كمصدر للطاقة، بطرق متعددة •

واذا تساءل البعض عن السبب فى عدم استعماله على نطاق واسع ، جاء الرد على صورة مزيج مألوف ، من الاقتصاديات ، والتكنولوجيا ، والأمان •

كارثة منطاد :

لابد أنك قد سمعت عن كارثة الهندنبورج ، وهو منطاد يستمد القوة التى ترفعه فى الهواء ، من غاز الأيدروجين •

ولكن الأيدروجين قابل للاشتعال ، بدليل أنه يستخدم كوقود •

وقد حدث أنه بينما كان منطادالهندنبورج يهبط فوق (ليك هـيرست) فى ولاية نيـوجرسى ، فى عام ١٩٣٧ ، أن انفجر الايدروجين • وكان من نتيجه ذلك أن مات ثلث الركاب ، وكان عددهم يبلغ قرابة المائة •

الا أن الأسوأ من ذلك ، والأكثر مدعاة للرعب ، هو أن الهندنبورج لم يكن الا واحدا من ثلاثة وسبعين منطادا انفجرت او احترقت •

أكثر أمانا :

الا أن الأيدروجين أكثر أمانا من أنـواع الوقود المألوفة لدينا •

ولما كان الأيدروجين خفيفا ، فان ما يتسرب منه ، يتصـاعد بسرعة فى الهـواء • فينحصر بذلك خطـر الانفجـارات فى الفـراغ الذى يعلـو مبـاشرة نقطة التسرب •

يقـارن ذلك بوقـود السـيارات المسكوب ، الذى ينتشر على الأرض ، فيهدد بالخطر مرتفع ، وبالرغم من أن الطاقة التى تستخدم لاسالته ، تبلغ حوالى ثلث ما يحتويه الأيدروجين من الطاقة ، وبالرغم من المشاكل الرئيسية التى تتعلق بتخزين الوقود •

ففى الطائرة ، تبدأ عملية حرق الوقود بعد شحن الطائرة مباشرة • كما أن الكثير من الوقود يستخدم

أثناء الطيران ، كما أن الطائرة تكون قريبة من مخازن التموين بالوقود ، كلما هبطت على الأرض ٠

ونتيجة لذلك ، فان الأيدروجين (أو أى وقود آخر) ، لن يخزن فى خزانات الطائرة فترة طويلة ، بحيث لن تحتاج هذه الخزانات الى مواصفات خاصة دقيقة ، كما قد يتبادر الى الذهن ٠

سيارة وقودها الأيدروجين :

وحتى بالنسبة للسيارات ، فقد أمكن تعديل السيارة ، بحيث تعمل بالجازولين ، أو الأيدروجين المسال ٠

لقد قامت منظمة ألمانية لأبحاث الفضاء ، بالاشتراك مع جامعة شتوتجارت ، ومعامل لوس آلاموس العلمية ، ببيان أنه من الممكن تطوير خزان وقود مناسب لهذا الغرض ، ومعدات لملئه بالوقود ٠

وقد عرضت السيارات الأولى من هذا النوع فى معرض هانوفر ٠

وبينما نجد أن هذه السيارات لا تمتاز بأية ميزات ، فانها تبين أن ما للأيدروجين من نسبة طاقة الى وزن ، مرتفعة ، يمكن أن يعادل ما لهذه السيارات من عيوب كثيرة ٠

أوتوبيس يعمل بالأيدروجين :

ويقوم (روجر بللينجز) بتطوير تطبيقات آخرى، في شركة (بللينجز) للطاقة ، في مدينة بروفو ، في ولاية يوتاه الأمريكية .

لقد كان (بللينجز) يقوم ببناء مركبات تعمل بوقود الأيدروجين ، منذ كان في المدرسة الثانوية .

وتشمل أحدث المحاولات التي تقوم بها هذه الشركة ، عشرة أوتوبيسات دودج معدلة ، تحرق الأيدروجين عند السرعات المنخفضة ، والجازولين عند السرعات المرتفعة .

ويعتقد (بللينجز) أن السيارات التي من هذا النوع ، يمكن أن توفر الملايين من براميل الزيت ، كل يوم .

ان مركبات (بللينجز) التي لا تعمل بالأيدروجين السائل ، ولكن الآيدروجين الغازى ، الذى ينطلق من مركبات كيميائية ، تسمى بالأيدريدات ، قد أصبحت جزءا من نظام الأوتوبيسات ، في مدينة بروفو .

التسخين بالأيدروجين :

لقد بنى (بللينجز) بيتا يتكون من ٢٥ غرفة ، فيه يحرق الأيدروجين في أجهزة التسخين ، وفى

الأفران ، وفى أجهزة التدفئة · نسبة أكبر من المنطقة التى تحيط بالمكان الذى انسكب فيه ·

أضف الى ذلك أن الاحتراق غير الكامل ، لأنــواع الوقود الحفرى ، يؤدى الى تولد غازات سامة ·

يقارن هذا بما يحدث عندما يحترق الأيدروجين· فالماء الذى يتكون غير ضار ، كما أن الأيدروبجين نفسه غير سام ·

وكلنا نذكر غاز الاستصباح الذى كان يصنع من الفحم ، ويستخدم فى المنازل ، قبل أن ينتشر استخدام الكهرباء · لقد كان هذا الغاز نصفه من الأيدروجين· وقد تعلم الناس كيف يتعايشون مع أخطار الحريق ، وانفجار الأيدروجين ·

أضف الى ذلك أن الأمان عملية تعليمية ، تنمو مع كل تكنولوجيا جديدة ·

لقد صمم العلماء المعدات ، وطوروا الطرق التى تمكننا من ملء خزان السيارة بالوقود ، ثم حمل قنبلة النار هذه ، بسرعة كبيرة ، فى الطرق المزدحمة ·

واذا كان الحال كذلك ، فانه ســوف يكــون فى الامكان تصميم طرق آمنة ، للتعامل مع الأيدروبجين ·

طاقة ضئيلة تكفى :

ولعل أخطر خواص الأيدروجين ، هى تلك الكمية

الضئيلة من الطاقة ، التى تلزم لاشـــعاله ، ذلك أن الأيدروجين يحتاج الى عشر الطاقة التى تلزم لاشعال مزيج من وقود السيارات والهواء ، أو الميثان والهواء ٠

ويقترب مســتوى الطاقة هــذا من مستوى طاقة الشرارات الكهربية الاستاتيكية ، التى هى سبب محتمل لكارثة الهندنبورج ، التى حدثت بعد جو عاصف ٠

كما أن كميات ضخمة من الأيدروجين ، تستخدم اليوم فى الصناعة ، بأمان تام ، وبدون حوادث ٠

وقود لكل الأغراض :

واليوم نجد أمام الأيدروجين فرصـــة لاستخدامه وقودا لكل الأغراض ٠

وحتى هذه اللحظة ، نجده قد استخدم فى مشروع أبوللو ، لانزال آدميين على سطح القمر ، وفى اطلاق مكوك الفضاء ٠

أما على الأرض ، فان استخداماته قد نشهدها فى المستقبل القريب ٠

ان شركة لوكهيـد تخطط لتحـويل أسـطول من نفاثاتها من طراز تراى ـ ستار ل ـ ١١ر١ ، لتستخدم وقود الأيدروجين السائل ٠

ويعتقد مهندسو الطائرات أن الأيدروجين السائل وقود مثالى ، بالرغم من أنه يجب أن يخزن عند درجة

اسالته ـ (ـ ٢٥٣ درجة مئوية) ، أو تحتها ، أو تحت ضغط ٠

وكان على بللينجز وزوجته أن يتعلما الطبخ ، من البداية ، مرة أخرى ٠ ذلك لأن شعلات الأيدروجين تحترق عند درجات حرارة تختلف عن شعلات الغاز الطبيعى، يضاف الى ذلك أن الجو فى أفران الأيدروجين أكثر رطوبة ٠

وبتوجيهات من (بللينجز) ، سوف يجرى عرض درامى لامكانات النظم التى تعمل بطاقة الأيدروجين ، وذلك فى مدينة فورست ، بولاية أيوا ٠

هذه المدينة الصغيرة التى يبلغ عدد سكانها ٤٠٠٠ نسمة ، كان من المخطط لها أن تتحول الى طاقة الأيدروجين ٠ وسوف ينقل اليها الفحم من مدينة تبعد حوالى ١٥٠ كيلومترا، ليستخدم فى صناعة الأيدروجين٠

وقد أجريت أبحاث كافية ، لبيان أن المساكن الخاصة ، والمصانع ، يمكن أن يستخدم للتسخين فيها غاز الأيدروجين ، الذى ينقل فى شبكة الأنابيب المستخدمة حاليا فى نقل الغاز الطبيعى ٠

وهذا يسمح باستخدام شبكة خطوط الغاز الممتدة تحت الأرض ، كما هى ، بدون تعديل ٠

توليد الأيدروجين :

ولكن من أين يأتى الأيدروجين ؟

ينتج الآيدروجين حاليا ، بكميات كبيرة من الغاز الطبيعى ، وخاصة من غاز الميثان ، الذى هو احد مكونات الغاز الطبيعى ٠

يتكون جزىء الميثان من ذرة كربون ، مرتبطة بأربع ذرات ايدروجين ، يتم فصلها عن طريق عملية كيميائية ٠

كما يمكن انتاج الأيدروجين ، عن طريق تفاعل الفحم مع الماء ، أو بالتحليل الكهربى للماء ٠

واذا أمكن توليد الكهرباء ، كان من السهل انتاج الأيدروجين ، بالتحليل الكهربى للماء ٠

وليس من الصعب تصور استخدام الأيدروجين ، فى تلك المناطق من العالم ، التى تتوفر فيها الكهرباء ، المولدة من مساقط المياه ، مثل كندا ٠

ان جانبا كبيرا من مساقط المياه ، هناك ، لم تستغل بعد ، لأنها تقع فى أماكن بعيدة ، بحيث يصبح نقل الكهرباء من هناك ، الى المناطق الآهلة بالسكان ، أمرا مكلفا ، ومنخفض الكفاءة ٠

ولكن ، لو آن الأيدروجين ، كان مصدرا لطاقة يمكن استخدامها ، لأمكن تطوير موقع توليد الطاقة

الكهربية المائية ، لانتاج كميات كبيرة من الأيدروجين.
يمكن توصيلها عن طريق الانابيب ، الى حيث يحتاج
اليها الناس ·

طرق حديثة :

كذلك ، قد تصبح المخلفات ، والخشب ، والورق،
مصدرا من مصادر الايدروجين ·

فقد اكتشف عالم يعمل فى قسم العلوم البيولوجية ،
بالمجلس القومي للبحوث الكندى ، خليه بكتيرية ،
يمكنها تحويل السليولوز ، بكفاءة ، الى أيدروجين ،
ونواتج أخرى ·

وفى تقرير أصدره معمل أوك ريدج القومى ،
جاء أن الأيدروجين يمكن انتاجه من نظام غير حى ، على
أساس عملية التمثيل الضوئى ، التى تقوم بها النباتات
الخضراء ·

وتستخدم لهذا الغرض ، كلوروبلاستات السبانخ ،
ومواد بيولوجية أخرى ، تتميز بالقدرة على الانتشار
الذاتى ·

ومن بين باحثين كثيرين ، نجد أن بعض الباحثين
فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ، يحاولون استغلال
مركبات كيميائية ، تولد الأيدروجين ، عندما تتعرض
للأشعة فوق البنفسجية ·

هذه المركبات ، قد تصبح يوما ، الأساس للخلايا الضوئية ، التى سوف تستخدم فى المستقبل •

الا أن كثيرا من الخطط الطموحة ، قد تم بحثها على نطاق معملى •

ويحتاج الأمر الى عمل كثير ، والى جهد متواصل، حتى تصبح هذه الطرق عملية •

ما هى المشكلة ؟

اذا كنا نعلم كيف نستخدم الأيدروجين ، وكيف ننتجه ، فما هى المشكلة ؟ ان المشكلة مشكلة تكاليف •

ان كل الطرق التى تستخدم اليوم لانتاج الأيدروجين، واستخدامه ، أكثر تكلفة من انواع الوقود البديلة •

الا أننا نتجاهل هنا حقيقة هامة ، ألا وهى أننا لا نعرف تماما التكلفة النهائية للطاقة المفيدة ، التى توصل الى من يستخدمها •

ومن المهم ، بوجه خاص ، عند حساب التكاليف ، أن نأخذ فى الاعتبار ، تلك المشاكل البيئية والاجتماعية المتزايدة ، التى سوف نقابلها ، بلا شك ، فى عمليات حفر المناجم ، واستخلاص الفحم واستخدامه ، على نطاق واسع •

يضاف الى ذلك مشكلة تراكم ثانى أكسيد الكربون

فى الجـــو ، عنـد احـراق أنواع الـوقود الحفـرية التقليدية ·

ولعدة أسباب ، نجد أنه من الممـكن ، ألا يمـكن انتاج أنواع الوقود التي تحتوى على كربون ·

وفى اقتصاد يعانى من نقص فى الكربون ، سوف يبدأ الكثيرون فى تفضيل الأيدروجين على الكهرباء ، فى استخدامات كثيرة ·

مستقبل باهر :

وعـلى المـدى القصـير ، فاننا قد نشـهد بعض الاستخدامت ، على نطاق صغير ، للأيدروجين المولد عن طريق القوى المائية ·

يحتمل أن يحدث هـذا فى شـمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية ، حيث ترتفع أسعار الوقود ، وحيث توجد بالفعل عدة خزانات مائية صغيرة ·

وهذا أصلح مكانلاستخدام أساطيل من الأتوبيسات، تعمل بالأيدروجين المنتج من الفحم ·

وفى المستقبل القريب ، قد نشـهد مؤسسـة قومية أمريكية ، تعمل بالأيدروجين المنتج من الفحم ، والطاقة التى تأتى من المصادر الشمسية ·

ان المستقبل سوف يكون باهرا بالنسبة للأيدروجين·

واليوم نجد أن لدينا معظم التكنولوجيا اللازمة للبدء فى استخدام الأيدروجين كوقود ، الا أنه ليس لدينا العزم أو التصميم على الاستغناء عن وجبة الزيت •

ولكن ، يوم يزداد سعر الطاقة الناتجة من أنواع الوقود الحفرى ، الى ثلاثة أضعاف ، حينئذ سوف يصبح الأيدروجين وقود المستقبل •

ان انتاج أنظف أنواع الوقود ، وخزنة ، ونقله ، واستخداماته ، أصبحت من الأمور الواضحة •

ومنذ سنوات ، توقعت وزارة الطاقة الأمريكية ، أن يبدأ فى عام ٢٠٢٠ ، التحول الى نظام للطاقة ، أساسه الأيدروجين •

الا أن الزيادة السريعة ، غير المتوقعة ، فى أسعار الوقود ، جعلت بعض المسئولين يغيرون رأيهم : ان التقديرات الحديثة تقترب بهذا التاريخ من عام ٢٠٠٠ •

لماذا نحتاج الى وقود سائل ؟

البترول مصدر مثالى للطاقة ، فهو سائل مرتفع الكثافة نسبيا • وهو متوفر ، ويسهل نقله من مكان الى مكان •

وهو يحتاج ، عادة ، الى بعض الجهد ، قبل أن يتدفق من الأرض • حينذاك ، يمكن ضخه فى خطوط

الأنابيب ، أو نقله فى الناقلات ، لمسافة تبلغ آلاف الأميال ، ويتم ذلك بطريقة رخيصة ونظيفة ٠

ويتميز البترول كوقود ذى كثافة طاقة عالية ، أى أن وحدة وزن من البترول تعطى من الحرارة ، عند احراقها ، ما يزيد عما نحصل عليه من احراق وزن مساو من الفحم أو الخشب ٠

أضف الى ذلك أن البترول وقود نظيف نسبيا ، خاصة اذا ما قورن بالفحم ٠

لقد كانت نظافة البترول هى أحد الأسباب التى جعلت عددا كبيرا من شركات توليد الكهرباء الامريكية، تتحول الى احراق زيت الوقود ، أو الغاز الطبيعى ، بدلا من الفحم ٠

ان الشوائب المختلطة بالفحم ، يمكن ازالتها بالطبع ، ولكن ، جميع عمليات ازالة الشوائب ، تحتاج الى معاملات اضافية ، وتستهلك طاقة اضافية ٠ يضاف الى ذلك أن عمليات ازالة الشوائب لها نتائج ضارة بالبيئة ٠

ولكن اذا قورن البترول بالطاقة الشمسية ، ونظافتها ، فانه لا يبدو لنا بنفس الصورة ٠

وقود نظيف واقتصادى :

ان استبدال البترول ، الذى أخذ يتناقص تدريجيا،

يعني أكثر كثيرا من مجرد البحث عن شيء آخر لتدفئة المنازل ، وتوليد الكهرباء ٠

وبدلا من مقايضة مجموعة من مشاكل المستقبل (نقص البترول) ، بمجموعة اخرى ، يكفى ان نتذكر ان انواع الوقود التى سوف نحتاج اليها ، يجب الا تقل فى نطاقها عن الجازولين ، أو زيت الوقود ٠

وحتى يمكننا الاستمرار فى التمتع بوسائل الراحة المتاحة ، مثل الطائرات والسيارات ، فان احد انواع وقود المستقبل ، يجب أن يكون سائلا سهل التخزين . يمتاز بطاقة عالية ٠

واذا واصلنا استخدام كميات هائلة من الكهرباء ، فاننا سوف نحتاج الى طرق أفضل لخزنها ونقلها ٠

يمكن استخدام الأيدروجين ، فى بعض الصور ، لمد السيارات والطائرات بالطاقة المحركة ، ويمكن تخزينه فى تكوينات ملحية ، ويمكن نقله من مكان توليده ، الى مكان استخدامه ، بواسطة نفس النوع من خطوط الأنابيب التى نستخدمها اليوم لنقل الغاز الطبيعى ٠

وتبين بعض التقديرات الأولية ، أن تكاليف نقل الأيدروجين ، على نطاق واسع ، سوف تزيد عن تكاليف نقل الغاز الطبيعى ، بمقدار خمسين فى المائة ، وذلك بسبب الاختلافات فى أقطار الأنابيب ، ومستوى الضغط ، والمسافة بين محطات اعادة الضخ ٠

الا أن الأيدروجين مازال أكثر اقتصادا فى نقله لمسافات طويلة ، من الكهرباء أو الحرارة ·

كم سندفع ثمنا لوقود المستقبل السائل ؟

فى عام ١٩٨٠، كانت الطاقة المتولدة من الأيدروجين المنتج بالتحليل الكهربى ، تكلف مرة ونصف مرة ما تكلفه كمية مكافئة من الجازولين ·

ان الأيدروجين المولد بالتحليل الكهربى ، والذى يلزم لانتاج (جول) من الطاقة ، يكلف ما بين احد عشر ، واثنى عشر دولارا ·

بينما نجد أن كمية من الجازولين، يبلغ ثمنها ثمانية دولارات ، تعطى نفس الكمية من الحرارة ، عند احراقها (والمعروف أن الجول = ٩٥ر٠ مليون وحدة حرارية بريطانية) ·

هذا ، وينتظر أن يرتفع سعر البترول ارتفاعا كبيرا ، كلما شحت موارده ·

ويقدر بعض الخبراء ، أن ثمن الجالون من الجازولين سوف يبلغ عشرة دولارات ، بحلول عام ٢٠٠٠ ·

يومئذ ، قد تستخدم الطاقة الشمسية ، أو طاقة

المفاعلات النووية الآمنة ، فى توليد الأيدروجين ، ذى السعر المنافس ، بالتحليل الكهربى للماء ٠

ولا شك فى أن الأيدروجين سوف يكون من المصادر الرئيسية للطاقة ، يوم ينتهى عصر وقود البترول ٠

البحث عن بدائل الطاقة

الطاقة والتقدم :

في أثناء دراسته لمادة التاريخ ، في المدرسة الثانويه ، لاحظ الطالب الامريكي (اريك فاربر) ان الأمم والحضارات ، التي كانت تحظى باكبر كميه من الطاقة ، وكانت تستخدم كميات كبيرة منها ، قد تقدمت بسرعة أكبر .

فبدأ هذا الطالب يهتم بدراسة الطاقة الشمسية ، وتحويل الطاقة .

وعندما بحث عن مصادر هذه الطاقة ، وجد ان معظمها كان يأتي من الفحم أو الزيت أو الغاز .

ففكر فيما يمكن عمله لتوفير كميات أكبر من الطاقة . نظر حوله ، فوجد مصدرا كبيرا للطاقة ، كبيرا دائما بما فيه الكفاية ، ألا وهو الطاقة الشمسية .

واليوم ، نجد أن الطالب (اريك فاربر) قد حصل على درجة الدكتوراه ، وأصبح أستاذا ، ومديرا لمعمل

الطاقة الشمسية وتحويل الطاقة ، فى جامعة فلوريدا ، فى مدينة جينزفيل •

حرب البترول :

لقد مر ما يقرب من عشرين عاما على حرب البترول ، التى شنتها الدول العربية المصدرة للبترول •

وكان هذا الحدث نقطة تحول فى التاريخ الاقتصادى والتكنولوجى لدول العالم •

فقد أدى الى أول زيادة كبيرة من عدة زيادات متتالية فى أسعار البترول • وكان من نتيجة ذلك أن ارتفع متوسط سعر البترول حوالى احدى عشرة مرة ، فى خلال عشرة أعوام •

وقد أدى ذلك الى تغيير التوقعات ، بالنسبة لأولئك الذين اعتبروا البترول أساسا لارتفاع عالمى فى مستوى المعيشة •

ولم يكن فى الامكان ، بعد ذلك ، مد آلة التطوير، بالوقود الرخيص •

تمكنت من التاقلم :

لقد ارتفعت أسعار البترول ارتفاعا كبيرا ، وبصورة مفاجئة •

وقد أدى ذلك الى ظهور مصـــاعب اقتصـــادية فى الدول الصناعية ٠

الا أن تلك الدول تمكنت من التأقلم عـــلى هـــذه الظـــروف الجـــديدة ٠ فقـــد أعادت تصميم القطاعات السكنية والصناعية ، للمحافظة على الموارد الشحيحة ٠

وقد أدى ذلك الى تقليـــل الطلب عـــلى البترول ، الأمر الذى كان له تأثير ملطف على حدة ارتفاع الأسعار ٠

أما دول العالم النامية ، فانه لم يكن لها مثـــل هذا الحظ ٠

فقـــد ارتفعت أســـعار البترول ، الا أن أســـعار المنتجات الزراعية الأساسية ظلت ثابتة ، بل انخفضت فى بعض الأحوال ٠

ففى أوائل السبعينات ، كان ثمن برميل الزيت يعادل تقريبا ثمن أربعة عشر كيلو جراما من السكر ٠

وفى عام ١٩٨٣ ، أصـــبح ثمن هـــذا البرميـــل نفسه، يعادل ثمن واحد وتسعين كيلوجراما من السكر ٠

الطاقة المتجددة :

ونتيجة لهذه الزيادة الكبيرة فى أسعار الزيت ، بدأت مصادر الطاقة المتجددة اللا بترولية تصبح أكثر جاذبية ٠

وبدأ خبراء الطاقة فى الدول النامية ، يخططون للاستفادة من طاقة الشمس ، وطاقة الرياح ، وطاقة المياه ، وطاقة المزروعات بطرق أكثر كفاءة .

واستجابت الوكالات الخاصة والعامة ، فى العالم الصناعى ، عن طريق تقديم المعلومات الفنية .

ان الدكتور (اريك فاربر) رئيس معمل الطاقة الشمسية وتحويل الطاقة ، في جامعة فلوريدا ، اخذ ينظم اجتماعات علمية ، فى مجال ترويض مصادر الطاقة المتجددة ، فى المناطق الريفية ، يحضرها خبراء من جميع بلاد العالم .

وقد أعد قائمة بالمعايير اللازمة لاختيار أفضل مصادر الطاقة :

أولا : امكان الوصول الى النتائج المطلوبة ، باستخدام أقل كمية ممكنة من الطاقة . وهذا ما يطلق عليه تعبير « الحفاظ على الطاقة » .

ثانيا : البحث عن أفضل مصدر للطاقة، من ناحية توفره، وامكانية تحويله ، ومن الناحية الاقتصادية ، والقبول الاجتماعى ، وغير ذلك .

ثالثا : مراعاة أنه يجب أن تكلل بالنجاح جميع الجهود المبذولة .

رابعا : يجب أن تنجز المشروعات بتكلفة معقولة .

خامسا : يجب أن يكون ذلك مناسبا للتركيب الاجتماعى

التكنولوجيا الكهربية الضوئية :

تتوفر جميع هذه المتطلبات فى الطاقة الاشعاعية للشمس ·

ومنذ عشرات السنين ، استخدمت عدة أنواع من السخانات الشمسية ، لتسخين المياه ، لاستخدامها فى الغسيل والاستحمام ·

وهذه السخانات الشمسية ، يراها الناس اليوم تبعث من جديد ، فى كثير من البلاد ·

الا أن هناك تكنولوجيا اخرى لاستئناس أشعة الشمس ينتظر أن يكون لها مستقبل اكبر ، الا وهى التكنولوجيا الكهربية الضوئية ·

تصنع الخلايا الكهربية الضوئية (أو الشمسية) من عنصر السيليكون ، وهو المكون الأساسى للرمل ، وهى تحول ضوء الشمس الى كهرباء ، بطريقة مباشرة ·

لقد كانت هذه الخلايا ، فى يوم من الأيام ، غالية الثمن الى درجة أن استخدامها كان قاصرا على الاستخدامات الخاصة ، مثل مد الأقمار الصناعية باحتياجاتها من الكهرباء ·

وفى خلال الأعوام الماضية ، ظهرت طرق صناعية جديدة ، أدت الى خفض أسعار هذه الخلايا ، الى درجة كبيرة ، ذلك أن ثمنها اليوم أصبح يعادل حوالى أربعين فى المائة مما كان عليه منذ أعوام ·

توليد الكهرباء في المناطق النائية :

يعمل السيد (كريستوفر فليفن) باحثا في معهد المراقبة العالمية ، وهي منظمــة في واشــنطن ، تقــوم بتحليل الاتجاهات الاقتصادية ، والاجتماعية ، والبيئية العالمية ٠

وفي دراسة بعنوان «حال العالم في عام ١٩٨٤»، يتنبأ هذا الباحث بان الخلايا الشمسيه ، وهي احدى ثمار ابحاث الفضاء ، سوف تجد استعمالات كثيرة في الدول النامية ، في السنوات القادمة ٠

ويحتمل أن يكون أكثر استعمال لها في المنــاطق الريفية ، في البلاد النامية ، بل وفي البــلاد المتقدمة كذلك ٠

والســبب في ذلك أن أســعار الطــاقة ، في تلك المناطق ، هي في العادة أعلى ، والبدائل المتاحة اقل ٠

وعنــدما زار هــذا الباحث المنــاطق النائية من ألاسكا ، وجد أن سعر الكهرباء هناك يبلغ حوالي خمسين سنتا لكل كيلو وات ساعة ٠ يقارن ذلك بخمسة سنتات لكل كيلو وات ساعة في (أنــكوريج) ، وهي مدينــة كبيرة في ألاسكا ٠

والوضع في المناطق النائية من ألاسكا مشابه لمــا يمكن أن يكون عليه الحال في مناطق ريفيــة من قارة أفريقيا ، أو آسيا ، أو أمريكا اللاتينية ٠

وعندما تكون الكهرباء مولدة بمولدات تعمل بالديزل ، فان استخدام الخلايا الكهربية الضوئية يكون أفضل من الناحية الاقتصادية ٠

استخدامات عديدة :

ويرى السيد (فليفن) أن الكهرباء المولدة عن طريق الطاقة الشمسية ، لها استخدامات عديدة في تلك القرى ، التى لا تخدمها محطات القوى المركزية ٠

فهناك المبردات التى يمكن أن تستخدم لتخزين الطعام الواقية من الامراض ، وغيرها من الأدوية والأغذية ٠

كما تستخدم الكهرباء الشمسية للاضاءة ، لفترات محدودة ليلا ، أو للقراءة ، أو لضخ المياه ، وطحن الحبوب ، واستعمالات أخرى محدودة نسبيا ٠

ان هذا المصدر من مصادر الطاقة مهم جدا فى تلك المناطق التى لا يخدمها مصدر آخر ٠

المبرد الشمسي :

لقد قامت هيئة أبحاث الفضاء الأمريكية (ناسا) بتطوير مبرد يعمل بالطاقة الكهربية الضوئية ، باستخدام التكنولوجيا المكتسبة عن طريق تطوير الأقمار الصناعية ، التى تستمد القوة من الطاقة الشمسية ٠

ان هذا المبرد الشمسى قد ينقــذ حياة الـكثيرين ، وخاصة فى القرى التى تفتقر الى الكهرباء ٠

ذلك أن كثيرا من الطعوم التى تستخدم للوقاية من الأمراض ، تحتـاج الى حفظها عنـد درجات حـرارة منخفضة ، حتى لا تفقد فعاليتها ٠

واليوم يجرى تحقيق ذلك فى كثير من المناطق ، عن طريق استخدام مبردات تعمل بالكيروسين ٠

لذلك ، نشأت فكرة مد هذه المبردات بالكهرباء ، عن طريق استخدام نظام كهربى ضوئى ٠

وفى المنـاطق النائية ، يمـكن استخدام الطاقة الشمسية ، لمد هذه المبردات بالطاقة ، بحيث يمكن حفظ هذه الطعوم عند درجة الحرارة المناسبة ، بحيث يمكن للأطبـاء والمرضـات الانتقال الى المنطقـة ، وتطعيم الناس بهذه الطعوم ، لوقايتهم من الأمراض ٠

ويبلغ حجم المبرد الشمسى حوالى متر مكعب واحد٠ وهو متصل بمجموعة من الخلايا الشمسية ، التى تولد حوالى ١٥٠٠ وات ٠

وهناك بطاريات تخزين ، يمكن اعادة شـحنها ، واستخدامها لتشغيل هذا المبرد ، عندما تختفى الشمس وراء السحب ، أو بعد أن تغرب ٠

لقد وضع عدد من هذه المبردات الشمسية فى عدة قرى ، في أماكن مختلفة من العالم ، لاختبارها ٠

وفى خلال زمن وجيز ، أصبح المبرد الشمسى معدا للبيع ، على نطاق تجارى ، عن طريق المنتجين ، فى القطاع الخاص ٠

كهربة قرى بأسرها :

هذا ويجرى تطوير النظم الكهربية الضوئية ، الى نظم لكهربة قرى بأسرها ٠

فقد قامت مؤسسة (ناسا) بالتعاون مع وكالة التطوير الدولية ، باقامة نظام كهربى ضوئى ، تبلغ قدرته ثمانية كيلووات ، فى جزر مارشال ، فى جنوب المحيط الهادى ٠ وسوف يمد هذا النظام أربعين شخصا بالقوة الأساسية ، بما فى ذلك الاضاءة ٠

وفى الجابون ، فى غرب أفريقيا ، تم التخطيط لاقامة أربعة من نظم الطاقة الكهربية الضوئية ، لأغراض الاضاءة ، والاتصالات اللاسلكية ، وضخ المياه ٠

كما تم التخطيط لاقامة نظام أكبر كثيرا ، فى تونس ، تبلغ قدرته ٣٠ كيلووات ، لمد السكان بخدمات مماثلة ٠

مشروعات أخرى :

لقد بين الدكتور (فاربر) أن أية تكنولوجيا ، مهما

كانت هامة ومفيدة ، لا قيمة لها ما لم تناسب الظروف المحلية .

ولكن لأن هذا يبدو ممكنا ، فانه أصبح الهدف لبرنامج يجرى بالتعاون بين هيئة AID ، والاكاديمية الامريكية للعلوم : اذ تقدم الاكاديمية المعلومات الفنية، عن المشروعات الشمسية المفيدة ، التى يمكن لعلماء الدول المختلفة تحويرها ، لتناسب احتياجاتهم الخاصة .

ففى تايلاند مثلا ، قدمت الأكاديمية بعض المساعدات ، لتطوير مجفف للمحاصيل الزراعية .

وهذا المجفف عبارة عن صندوق كبير ، منحدر السطح ، يسخن فيه الهواء ، الذى يمر بعد ذلك فى المحصول المراد تجفيفه . ويستخدم هذا الجهاز فى تايلاند لتجفيف الارز .

القبول على المستوى الشعبى :

ولعل الاختبار النهائى لأية تكنولوجيا ، هو القبول على المستوى الشعبى .

يرى الدكتور (اريك فاربر) أن الناس غالبا ما يرفضون الطرق الجديدة ، لأسباب لا علاقة لها بالتكنولوجيا .

ففى أفريقيا مثلا ،نجد أنه فى كثير من القرى ، يقوم الناس بطهى طعامهم عن طريق اشعال نار

مفتوحة ، يجلسون حولها للتدفئة ، ويبقونها مشتعلة ليلا للانارة ٠

كما أن من عاداتهم الاجتماعية ، الجلوس ليلا حول النار ، بعد انتهائهم من وجبة العشاء ، لشرب الشاى . الذى يعدونه على تلك النار المشتعلة ، والتسامر والتحدث فى امور حياتهم ٠

وفى كثير من الأحيان ، نجد أن الحكومات ، فى بعض الدول النامية ، بل وفى الدول الصناعية كذلك ، قد وجدت أن ما يحتاج اليه هؤلاء الناس ، انما هو مواقد ذات كفاءة عالية ، يستخدمونها فى طهى الطعام ، وفى التدفئة والانارة ، وذلك لتوفير الخشب ، الذى تشتد الحاجة اليه فى كثير من الأحيان ٠

اذا أمكن مد هؤلاء الناس بمواقد أكثر كفاءة ، فانهم سوف يتمكنون من طهى طعامهم بكفاءة أكبر ، كما أنهم سوف يتمكنون من توفير احتياجاتهم من الحرارة والضوء ، وسد احتياجاتهم الاجتماعية ٠

وهو يرى أنه من الأفضل أن يتعلم هؤلاء الناس كيفية زراعة أشجار الأخشاب ، بطرق أسرع وأحسن، بحيث يمكنهم تصدير تلك الأخشاب ، والحصول على الأموال اللازمة لرفع مستوى معيشتهم، وحل مشاكلهم٠

الشرط الثاني :

وبالاضافة الى القبول على المستوى الشعبى ، فان أية تكنولوجيا للطاقة المتجددة ، يجب أن تستوفى الشرط الثاني ، الذى وضعه الدكتور (فاربر) ، وهو امكان تطبيق تلك التكنولوجيا محليا ·

مثال ذلك أن تربينات الرياح المصممة حديثا ، تقوم بتوليد الكهرباء ، فى كثير من بلاد العالم · ولكنه في مناطق أخرى نجد أن متوسط الرياح قد لا تكون كافيةلتوليد الكهرباء بطريقة مستمرة وثابتة ·

الا أن الأهم من ذلك ، هو أن تكلفة أية طاقة بديلة مقترحة ، يجب أن تكون تكلفة معقولة ، ويرى السيد (فليفن) أن هذا الشرط يمكن أن يستوفى بسهولة متزايدة ، فى العديد من النظم الشمسية الكهربية الجديدة ·

فاذا قارنا نظاما كهربيا ضوئيا ، بنظام آخر يعمل بالديزل ، فاننا نجد أن النظام الأول يكلف أكثر فى اقامته · ولكن نظرا لطول عمر هذا النظام ، فاننا سوف نجد ، فى النهاية ، أنه يتكلف أقل ·

أما نظام الديزل ، فانه يحتاج الى مده بالوقود ، باستمرار ، لتشغيله ، ويبلغ ثمن هذا الوقود أكثر من دولار للجالون ·

صناعة جديدة :

الا أن اقامة نظم للطاقة البديلة ، وصيانتها . يمكن أن يكون مصدرا لاعمال جديدة ، فى تلك المناطق التى تعانى من مشكلة الزيادة في الأيدى العاملة ٠

كما أنها يمكن أن تكون أساسا لقيام صناعة جديدة ٠

ذلك أنه من المعقول بناء النظم الكهربيه الضوئية محليا ، بدلا من استيرادها ٠

لذلك ينتظر أن تقوم كثير من الدول النامية ، التى تجذبها هذه التكنولوجيا الجديدة ، بالاصرار على أن تقوم الشركات التى تحصل منها على هذه التكنولوجيا الجديدة ، باقامة مصنع لهذه النظم الكهربية الضوئية، فى البلد الذى تجد فيه سوقا نامية لتلك النظم ٠

لذلك يتوقع الخبراء أن تنتشر مصانع لهذه التكنولوجيا الجديدة ، وأن تستخدم هذه الخلايا الشمسية على نطاق واسع ٠

ان أسعار الزيت المرتفعة ، التى يعانى منها الكثيرون فى يومنا هذا ، تفرض على الدول النامية تحديات جديدة ٠

- كما أنها تقدم فرصة لبناء اقتصاد أكثر صلابة ، وتجنب مخاطر الاعتماد الكامل على البترول ٠

الكهرباء من الشمس

الخلايا الكهربية الشمسية :

ان احتمالات الحصول على امدادات من الكهرباء ، عن طريق الخلايا الكهربية الشمسية ، لاستخدامها على الأرض ، مازالت غير متطورة .

لقد كانت معامل أبحاث « بل » هى أول من أنتج الخلايا الشمسية الحديثة ، فى الخمسينات ، ثم أنتجها بكميات كبيرة للاستخدامات المخصصة .

وتوصل الخلايا الشمسية الصغيرة ، التى تبلغ مساحتها ٢×٢ سم ، على هيئة ألواح تضم موزايكات معقدة من الخلايا ، يمكنها أن تمدنا بآلاف الواطات ، أو الكيلو واطات ، من القوة الكهربية .

ان أكثر المواد استخداما فى صناعة هذه الخلايا الشمسية هو عنصر السيليكون .

وهذا العنصر هو ثانى أكثر العناصر انتشارا على الأرض .

ويوجد هذا العنصر فى الشواطىء الرملية ، وفى الصحارى ، فى كل مكان ٠

واليوم تستخدم الخلايا الشمسية لمد الأقمار الصناعية ، ومركبات الفضاء ، بحاجتها من الكهرباء ٠

ان أكثر من ٦٠٠ قمر صناعى أمريكى ، و ٤٠٠ قمر صناعى سوفيتى قد جهزت بالمعدات التى تمكنها من استخدام الطاقه الشمسية ٠

محطة الفضاء (سكاى لاب) :

وعندما علمت ادارة الفضاء والملاحة الجوية الأمريكية بفشل لوحين عملاقين من الألواح الشمسية، عند اطلاق محطة الفضاء (سكاى لاب) ، فى شهر مايو من عام ١٩٧٣ ، تبين أن هذه الألواح الشمسية هى أهم عناصر القوة للمركبات الفضائية ٠

ولم تكن هذه الألواح الشمسية هى السبب فى هذا الفشل ٠

ففى خلال ٦٣ ثانية ، بعد اطلاق المحطة الفضائية، التى تكلفت ٢٩٤ مليونا من الدولارات ، كان هناك درع للوقاية من الحرارة الحرجة ، صمم ليعزل داخل المركبة عن حرارة الشمس ، وليحمى معمل الفضاء (سكاى لاب) من ضربات الميتيورات الصغيرة ٠

لقد انفصل هذا الدرع ، عن المركبة ، بطريقة

لا يمكن تفسيرها • وأدى ذلك الى عدد من صور الفشل الآخرى ، التى تشمل فقد لوحين شمسيين ، صمما ليمدا المحطة الفضائية بألف وتسعمائة واط من الكهرباء • ذلك أن هذين اللوحين لم يتمكنا من الانفصال عن جهاز التثبيت ، الذى يشبه آلة الأوكورديون الموسيقية ، والمثبت فى المحطة الفضائية •

ولكن أربعة ألواح شمسية أخرى لم تتأثر بهذا الحادث ، وانفتحت حسب الخطة الموضوعة •

لقد أمدت هذه الألواح الباقية ، محطة سكاى لاب، بتسعة آلاف وسبعمائة واط من الكهرباء •

لقد جهزت محطة الفضاء سكاى لاب ، بأكبر ألواح شمسية أطلقت الى الفضاء •

ولو أن هذه الألواح جميعها عملت بنجاح ، لقامت أكثر من ٥٠٠ ألف خلية شمسية ، تغطى ٢٥٠٠ قدم مربع من مساحة الألواح ، بمد هذه المحطة الفضائية ، باحتياجاتها من الكهرباء •

الطاقة النووية :

وباستثناء خلايا الوقود ، فان مصدر الطاقة البديل الوحيد ، لمركبات الفضاء ، هو النظائر الاشعاعية ، المشعة للحرارة ، والتى توضع فى عبوات صغيرة •

ان وحدات الطاقة النووية هذه ، تستخدم الحرارة

الناتجة عن التحلل الاشعاعى ، لتشغيل مولدات كهربية صغيرة .

وبعكس المفاعلات النووية ، التى تقام على الأرض، والتى تجهز بوسائل الوقاية من آثار الحوادث الممينة، فان هـذه المصادر للطاقة النـووية ، والتى تحملها مركبات الفضاء ، لا تجهز بمثـل هـذه الاحتياطات . ولا تعتمد الا على مقدرة الكبسولة نفسها ، على احتواء المواد المشعة ـ بما فى ذلك البلوتونيوم ، وهو أخطـر السموم المعروفة .

وقد وقعت عدة حوادث ، فقدت فيها نظم الطاقة النووية الفضائية ، عند العودة الى جو الأرض .

لقد حدثت حادثتان خطيرتان ، لمـركبتى فضـاء أمريكيتين : فقد احترق قمر صناعى ، فى الستينات ، فوق ايطاليا ، عند عودته من الفضاء الخارجى ، وتناثر عنصر البلوتونيوم فى طبقات الجو العليا .

كما أدى فشل طرأ عند عودة مركبـة أبوللو من الفضاء الخـارجى فى عام ١٩٧٠ ، حاملة عبـوة من البلوتونيوم ، الى دفن هذه العبوة ، فى أعماق المحيط الهادى .

ولحسن الحظ ، لم تهبط هذه العبوة على سـطح الأرض ، ولم تتناثر محتوياتها هناك .

أكثر من ثلاثة أضعاف :

ولقد انعكس نفوذ مؤسسة الطاقة النووية الأمريكية ، على ما قدمته الحكومه الفدراليه ، من تمويل لأبحاث تطوير الطاقة الشمسية ، مقارنا بما قدمسه لمشروعات مركبات الفضاء ، التى تمدها الطاقة النوويه ، باحتياجاتها من الكهرباء •

وبالرغم من أن مولدات الكهرباء النووية قد استخدمت في عشر مركبات فضاء أمريكيه بدون آدميين ، (ويقارن هذا بأكثر من ٦٠٠ مركبة فضائية استخدمت فيها نظم الكهرباء الشمسية) ، وبالرغم من أن الطاقة النووية قد قدمت جزءا من سنين من الكهرباء ، نجد أن الحكومة الفدرالية الأمريكية قد أنفقت أكثر من ثلاثة أضعاف ما أنفقته على ابحاث استخدامات الكهرباء الشمسية فى الفضاء ، فى تمويل أبحاث النظم النووية الخطرة •

مثال ذلك أنه بين عامى ١٩٦٦ و ١٩٧٣ ، أنفقت الادارة القومية للملاحة الجوية والفضاء حوالى ٤١ مليون دولار، لتطوير الكهرباء الشمسية، للاستخدامات الفضائية •

وفى نفس الفترة ، أنفقت هذه الوكالة أكثر من ١٢٠مليونا من الدولارات علىالنظم النووية الفضائية•

ان هذا لا يعكس الا رقما جزئيا ، ذلك أن ادارة

الطاقة الذرية قد أنفقت مبلغا مساويا على تطوير النظم النووية الصغيرة ·

خلايا السيليكون الصغيرة :

وفى عام ١٩٦٠ ، كانت هناك عدة شركات تقوم بصناعة خلايا السيليكون الصغيرة ، لتستخدمها مركبات الفضاء الأمريكية ·

ولكن بحلول عام ١٩٧٣ ، بقيت شركتان فقط لخدمة هذه السوق الصغيرة ، التى يبلغ حجم مبيعاتها عدة ملايين قليلة من الدولارات فى العام : قسم هليوتك ـ سبكترولاب فى شركة تكسترون ، وقسم سنترلاب فى شركة جلوب ـ يونيون ، فى جنوب كاليفورنيا ·

لقد ارتفعت كفاءة تحويل ضوء الشمس الى كهرباء ، فى هذه الخلايا السيليكونية ، من ٣ ـ ٤ فى المائة فى الخمسينات ، الى ١٠ ـ ١١ فى المائة فى أواسط الستينات وأوائل السبعينات · ثم بقى هذا المستوى ثابتا تقريبا حتى عام ١٩٧٢ ، عندما أنتجت شركة أقمار الاتصالات (كومسات)، فى كلاركسبورج، بولاية ماريلاند ، خلية سيليكون محسنة الى درجة كبيرة ·

تكاثيف باهظة :

وللاستخدامات الفضائية ، نجد أن المنتجين

الأمريكيين المتبقين قد استخدموا ما وصف بأنه الطرق الدقيقة لصانع الجواهر ، فى صنع الخلايا الشمسيه •

لقد اسـتخدموا نوعا نقيا خاصا من السيليكون آحادى البلورة ، صنع خصيصا لتصـنع منـه الخلايا الشمسية ، التى تتكون من رقائق رفيعه من السيليكون، يبلغ سمكها كسورا قليلة من الالف من البوصه ، وتبلغ مساحة الواحدة منها بوصة ونصف •

ان طبيعة صناعة الكوخ التى استخدمت فى صنع الخلايا الشمسية ، وتكاليف السيليكون النقى ، اتحدتا لرفع تكاليف الكهرباء الناتجة عن هـذه الخـلايا ، الى مستويات فلكية •

لقد كانت الخلايا الشمسية وحدها تتكلف حوالى مائة ألف دولار لكل كيلو واط من الكهرباء تنتجه فى الفضاء • وهذا لا يشمل تكاليف نظام القوى الخـاص بالأقمار الصناعية ، أو تكاليف اطلاق القمر الصناعى الى الفضاء ، اللذين يرفعان بدورهما تكاليف القـوى الكهربية الفضائية الى مائتى ألف دولار لكل كيلوواط، أو أكثر من ذلك •

والمعـروف أن بعض الخـلايا الشـمسية ، التى استخدمت في رحلات الفضاء ، قد تكلفت حوالى ٨٠٠ ألف دولار لكل كيلو واط من الكهرباء •

واذا وضعت ألواح من خلايا السيليكون الشمسية،

التى صنعت لتجهز بهـا الأقمار الصناعيـة ، للوكالة القومية للرحلات الجوية والفضاء (ناسا) ، فى مناطق مشمسة من الولايات المتحدة ، فان التكاليف يمكن ان تكون عاليـة للغـاية ، وذلك اذا ما قورنت بتكاليف محطات القوى التقليدية ٠

ان ثمن الخلايا وحدها ، (وهو مائة ألف دولار لكل كيلو واط من القدرة الكهربية للمحطة) ، يزيد عن تكاليف محطة كهربية كاملة ، تعمل بالوقود الحفرى (حوالى ٣٠٠ دولار لكل كيلو واط من قدرة المحطة) ٠

الا ان هـذا العـامل المعوق لم يبعث الخـوف فى نفوس العلماء ، والمؤسسات التجارية ، الذين اقتنعوا بأن الاكتشـافات العلميـة ، التى تـم تحقيقهـا فى السبعينات ، وطرق الانتاج الكبير ، قد يمكنها تخفيض تكاليف الكهرباء الشمسية، المولدة من الخلايا الشمسية، الى مستوى منـافس للكهـرباء التقليـدية ـ وبدون التكاليف البيئية لمحطات القوى التقليدية ٠

وفى الفترة بين الستينات وعام ١٩٧٢ ، ظلت كفاءات تحويل الطاقة الشمسية ، عن طـريق خـلايا السيليكون ، تتراوح بين ١٠ و ١١ فى المائة ـ وذلك بالرغم من الحسابات الفنية التى دلت عـلى امكانيـة زيادتها الى ٢٢ فى المائة ٠

ان هذا التأخر فى تطوير خـلايا أفضـل ، يرجع جزئيا الى التكنولوجيا ٠

ولكن يجب علينا ألا نعفى السياسة من نصيبها المساوى من المسئولية ٠

التكنولوجيا :

ومن المفيد دراسة الطريقة التى تحول بها خلية السيليكون ، ضوء الشمس الى كهرباء ، حتى نتمكن من تقدير امكانات انتاج خلايا سيليكون أكثر كفاءة ، وأقل تكلفة ٠

يمكن لخلية السيليكون الشمسية تحويل ضوء الشمس الى كهرباء ، عن طريق الخصائص الفريدة لعنصر السيليكون نفسه ، الذى هو مادة شبه موصلة ، فهو موصل كهربى ، وعازل كهربى ، فى نفس الوقت٠

وتستعمل المواد شبه الموصلة ، على نطاق واسع، خارج صناعة الخلايا الشمسية ، التى تعد من أصغر الصناعات التى تستخدم السيليكون ، وغيره من المواد شبه الموصلة ٠

ان توفر هذه المواد شبه الموصلة جعل من الترانزيستور حقيقة واقعة ، بحيث أمكنه أن يحل محل الصمامات الكبيرة الحجم ، فى المعدات الالكترونية ، كما أدخل ثورة فى علم الالكترونيات الحديث ٠

صناعة الخلايا الشمسية :

ان السيليكون الذى تنتج منه الخلايا الشمسية . ينمى على هيئة بلورات مفردة كبيرة ·

كما أن شرائح السيليكون الرفيعة ، التى تكون أساس الخلية الشمسية ، تقطع من مصبوب البلورات . بصبر وأناة ، باستخدام مناشير ماسية ، عالية الدقة ·

ثم تغطى شرائح السيليكون بمواد أخرى ، مثل البورون ، لتعطى طبقة كهربية موجبة ، تتفاعل مع طبقة السيليكون ذات الشحنة السالبة ·

ان طبقة السندويتش الحرجة هذه (او وصلة الموجب ــ السالب) هى مفتاح انتاج الكهرباء ، وهى التى تعطى خلية السيليكون خاصيتها الكهربية الضوئية ، أو الفوتو فولتائية ·

وقد اشتقت هذه الكلمة الأخيرة من لفظ «فوتو»، ويعنى الضوء ، ولفظ « فولتائى » الذى يشير الى الكهرباء · (واللفظ الآخير مأخوذ من اسم السنيور فولتا ، أحد رواد القرن التاسع عشر فى اكتشاف الكهرباء) ·

تيار مستمر :

تعرف الجسيمات الأولية للطاقة ، فى ضوء الشمس ، بالفوتونات ·

وعندما تطرق هذه الفوتونات سطح خلية السيلكون،

فانهـا تتحـول الى الكترونات فى وصـلة المـوجب ـ السالب ٠

وتقبل الطبقة الموجبة الالكترونات ، بينما ترفضها الطبقة السالبة ، وينشأ عن ذلك تيار مستمر ٠

ويحول هذا التيار الى أسلاك كهربية ، عن طريق موصل كهربى ، مغموس فى الطبقة السطحية من الخلية الشمسية ٠

وفى الخلية الشمسية المعتادة ، التى تبلغ أبعادها ٢×٢ سم ، التى تستخدم فى سفن الفضـاء ، تقـوم ستة أصابع دقيقة من الفضـة ، مغموسة فى الخليـة الشمسية ، بالتقاط كهرباء الخلية ، ثم تنتقل الكهرباء الى بطاريات التخزين ، ثم الى المعدات الكهربية ٠

ولخلايا السيليكون التقليدية (التى تبلغ كفاءتها من ١٠ الى ١١ فى المائة) وصلة موجب ـ سالب عميقة نسبيا (ولو أن عمقها يبلغ ٤ آلاف وحـدة أنجستروم فقط) ٠

ويعد هذا العمق أمرا ضروريا لتوصـيل التيـار الكهربى من الخلية ٠

وتستلزم هذه الوصلة العميقة استخدام كمية كبيرة من بلورة السيليكون ، فى صناعة كل خلية شمسية ـ الأمر الذى يزيد من تكاليف الخلية الشمسية ٠

كميات كبيرة من الطاقة :

وهناك عوامل أخرى تضيف زيادات اخرى الى التكاليف :

العمالة المدربة الى درجة عالية ، والتى تقوم بتقطيع مصبوب السيليكون ، والطريقه الى تعبر بدائيه ومستهلكة للوقت ، والتى تستخدم فى تنميه البلورات ، وتقطيع السيليكون الى شرائح رفيقة ، والتالف الكثير من السيليكون ، والذى يبلغ حوالى ثلثه ، والذى ينشأ عن تقطيع الشرائح المستديرة ، الى خلايا مربعة ، ثم السعر الأساسى المرتفع لخام السيليكون ٠

ان مادة خام السيليكون ، وهى الرمل ، مادة متوفرة ٠

ولكن تنقية السيليكون المتبلر تحتاج الى كميات كبيرة من الطاقة ٠

لقد بين الدكتور (مارتن وولف) من جامعة بنسلفانيا ، أثر هذه التكاليف المرتفعة ، أمام اجتماع لاخصائى الخلايا الشمسية ٠

يجب أن نأخذ كل متر مربع من نظم الكهرباء المركبة حديثا، ٧٥٠٠ كيلوواط من الطاقة الكهربية ، قبل استعادة الطاقة المستخدمة فى انتاج هذه النظم ٠

ويشرح الدكتور وولف هذه العبارة ، فيقول : ان هذا يعنى أنه لو قام شخص بتركيب لوح شمسى من خلايا السيليكون ، فوق سطح منزله ، لتوفير احتياجات المنزل من الكهرباء المولدة من ضوء الشمس، فان القدرة الكهربية المستخدمة فى صناعة هذه الخلايا، لن تستعاد من هذه المجمعات الشمسية قبل مرور ٤٠ عاما ٠

ننتج كهرباء أكثر :

هذه الحقيقة ، بالاضافة الى التكاليف العالية للغاية لخلايا السيليكون، التى تستخدم فى الاستخدامات الفضائية ، كل ذلك دفع الدكتور جوزيف ليندماير ، مدير معمل الفيزياء فى شركة اقمار الاتصالات ، الى مواصلة تطوير خلية سيليكون شمسية ، يمكنها أن تنتج كهرباء أكثر ، من كل جرام من السيليكون يدخل فى صناعتها ، بينما تحتاج فى صنعها الى كميه اصغر من السيليكون ــ وواضح أن اتحاد هذين العاملين يؤدى الى امكان انتاج كهرباء أكثر ، بتكاليف أقل ٠

لقد كان الدكتور (ليندماير) فى وضع فريد ، فى معامل شركة أقمار الاتصالات (كومسات) ، لأن هذه الشركة كانت أحد المستخدمين القلائل لخلايا السيليكون الفضائية ، بالاضافة الى وكالة (ناسا) ٠

لقد استخدمت أقمار كومسات ، خلايا سيليكون

شـمسية ، لمـد الأجهـزة بالكهرباء اللازمة لارسال المعلومات من الفضاء الى الأرض ٠

ثورة فى تكنولوجيا أشباه الموصلات :

لقد بين الدكتـور (ليندماير) أنه قد أدهشـه ، لعدة سنوات ، أن صناعه خلايا السيليكون الشمسية ، قد اعتراها الركـود ، فى الستينات والسبعينات ، بالرغم من التقدم المستمر ، بخطوات واسعه ، الذى كان يجرى خـلال هـذه الحقبة ، لتطـوير المواد شبه الموصلة ، وخاصة السيليكون ، لاستخدامها فى عدد من التطبيقات الأخرى ٠

مثال ذلك ، تطوير التكنولوجيا المعقدة ، لأشباه الموصلات ، باستخدام رقائق السيليكون المعـروفة بالتشيبس ، وهى قطع صغيرة من السيليكون ، تحتوى على طبقات موصلة ، بحيث أصـبح من الممـكن صنع الكمبيوتر الصغير ٠

لقد استنتج الدكتور (ليندماير) أن صناعة خلايا السيليكون الشمسية ، يجب أن تستفيد من هذه الثورة فى تكنولوجيـا أشـباه الموصـلات ، المصـنوعة من السيليكون ٠

لذلك نجـده قد توصـل الى أنه باستخدام طرق الانتاج التى طورتها صناعة أشباه الموصلات ، فانه قد

يكون قادرا على تطوير خلايا شمسية محسنة ، أرخص ثمنا من تلك المتاحة عن طريق موردى وكالة (ناسا)٠

الخلية البنفسجية :

وفى شهر مايو من عام ١٩٧٥ ، أعلن فريق البحث العلمى ، الذى كان يعمل مع الدكتور (ليندماير) ، والذى لم يكن يضم علماء لهم خبرة سابقه بخلايا السيليكون الشمسية ، أنه قد امكن تحقيق هدف البحث ٠

لقد تمكنوا من صنع خلية شمسية جديدة فى معملهم ، وأطلقوا عليها اسم « الخلية البنفسجية » ، لأنها كانت تحول قدرا أكبر من ضوء الشمس ، الى كهرباء ، فى المدى البنفسجى وفوق البنفسجى من طيف الضوء ، عما كانت تحوله خلايا السيليكون التقليدية ٠

تصميم جديد :

لقد صممت هذه الخلية الجديدة ، باستخدام العمليات الحديثة لصناعة أشباه الموصلات ، والتى تشمل :

١ ــ استخدام طرق خاصة للتغطية ، تضيف طبقات من السيليكون ، عن طريق ترسيب البخار ، فى اناء مفرغ من الهواء ٠

٢ ــ استخدام وصلة كهربية (موجب ــ سالب) ضئيلة

العمق ، اذ يبلغ عمقها ألف وحدة انجستروم .
وهو ربع العمق المقابل فى الخلية التقليديه ، وهذا
يقلل الى النصف كمية السيليكون اللازمة لصنع
الخلية •

٣ ـ استخدام دائرة موصل كهربى جديدة فى الخلية •

وتحتوى الخلية التقليدية على ستة اصابع من
الفضة ، تقوم بتوصيل الكهرباء من الخلية •

أما الخلية البنفسجية ، فانها تستخدم شبكة
ميكروسكوبية من خيوط الفضة ، لتوصيل الكهرباء ،
وذلك باستخدام طريقة لصنع الدوائر الدقيقة من
الفضة ، عن طريق التآكل الفوتوغرافى •

ويقارن ذلك بالأصابع السميكة المصنوعة من
الفضه ، والتى توجد فى الخلايا الشمسية التمليدية •

زيادة فى الكفاءة :

وفى معامل كومسات ، فى كلاركسبورج ، بولاية
ماريلاند ، تبين أن الخلايا البنفسجية تزيد كفاءتها
عن ١٥٪ فى تحويل ضوء الشمس الى كهرباء •

ويقارن هذا بأحد عشر فى المائة ، وهو كفاءة
الخلايا التقليدية ـ وهى زيادة تزيد عن الثلث •

وهكذا تمكن فريق البحث المجدد ، الذى يرأسه
الدكتور (ليندماير) ، باستخدام استثمار صغير ، لم

يتعد ٣٠٠ ألف دولار ، من النجاح ، فى خلال عام ونصف ، في وقف فترة الركود فى صناعة خلايا السيليكون الشمسية ، تلك الفترة التى دامت اكثر من عقد من الزمان ٠

عهد جديد :

وفى عام ١٩٧٣ ، باعت شركة كومسات ، تكنولوجيا الخلية البنفسجية ، الى قسم سنترالاب ، فى شركة جلوب يونيون ، وهى احدى الشركتين الامريكيتين اللتين تنتجان الخلايا الشمسية لأغراض الفضاء ٠

كما أعلنت شركة كومسات ، ووكالة (ناسا) ، عن البدء فى استخدام الخلايا البنفسجيه ، فى الاقمار الصناعية ٠

ان الدكتور (ليندماير) واثق من أن عهدا جديدا قد بدأ ، فى تاريخ الخلية الشمسية ٠

بل انه قد بين أن طرق الانتاج الجديدة ، المستخدمة فى الخلايا البنفسجية ، يمكنها أن تؤدى الى تقليل كبير، فى تكاليف انتاج الخلايا الشمسية ، المنتجة خصيصا لاستخدامها على سطح الأرض ٠

ان طرقا اضافية جديدة ، لصنع الخلية الشمسية، قد تقدم الحافز الاقتصادى ، لكسر حلقة التكاليف ، التى تحيط بتكنولوجيا الخلية الشمسية ٠

وان الجهود المتواصلة لمجموعة الدكتور (ليندماير) قد بينت أن الطريق مفتوح لاقتحامات علميه جديدة ٠

تطوير طرق للانتاج الكبير :

وبالرغم من أن اعتبارات التكلفة ليست العامل الوحيد ، بل لعلها ليست العامل الرئيسى فى اختيار الطاقة الشمسية ، أو طاقة الوقود الحفرى ، أو الطاقة النووية ، لتوليد الكهرباء ، فى المستقبل ، فان الكثيرين مقتنعون بأنه ، بمزيد من الابحاث ، فان الكهرباء الشمسية يمكن أن تصبح فى رخص الكهرباء المولدة عن طريق الوقود الحفرى ، أو الطاقة النووية ، أو أرخص منهما ٠

ومن المؤكد أن العامل الرئيسى فى اخراج ذلك الى حيز الوجود ، هو تطوير طرق للانتاج الكبير ٠

نصف دولار لكل قدم مربع :

لقد عمل المهندس (وليام تشيرى) فى مجال الخلايا الشمسية ، منذ الخمسينات ٠

ثم أصبح أحد المسئولين فى وكالة (ناسا) ، فى مركز جودارد للطيران فىالفضاء ، فى مدينة جرينبلت، فى ولاية ماريلاند ٠

لقد فكر هذا المهندس فى ايجاد اتحاد بين عدد من

الطرق الحديثة ، لانتاج الخلايا الشمسية علـى نطاق كبير ، لاستخدامها فى محطات القوى ٠

كمـا تنبأ بخط تجميـع عالى الكفاءة ، الى درجة كبيرة ، لانتـاج خـلايا السيليكون : يغدى جانب من الالة بخام السيليكون ، وتخرج من الطـرف الآخـر ، ملاءة مجهزة من الخلايا الشمسية ٠

وباستخدام الطرق المتقدمة للانتاج الكبير ، فان الخلايا الشمسية يمكن أن تكلف نصف دولار لكل قدم مربع ، أو خمسين دولارا لكل كيلو واط ٠

شرائط الياقوت الأزرق :

لقـد تم صنع آلة تشبه ، الى حد كبير ، تلك التى اقترحها (تشيرى) ، لتنتج ، على نطاق كبير ، شرائط الياقوت الأزرق، ذى الجودة العالية ، وذلك لاستخدامات تكنولوجية متعددة ٠

لقد قام بصنع هذه الآلة ، المهندس (هارى لابل) ، وهو مخترع ، والدكتور (أ ٠ مالافسكى) ، مـدير مركز تيكو التكنولوجى المشترك ، فى والتام ، بولاية مساشوستس الأمريكية ٠

وتعتمد طريقـة تيـكو ، للانتـاج الكبير ، على الخاصية الشعرية : عنـد درجة ٢٦٢٠°م ، يسـحب الياقوت الأزرق المصهور ، من خلال أنبوبة شعرية ٠

وعندما يصل الى أعلى الأنبوبة ، يقابل جزءا مصنوعا من الياقوت والمولبندنم ، يجعل الياقوت المصهور يأخذ الشكل المطلوب ، مربعا ، أو مستديرا . أو مستطيلا ، أو غير ذلك .

ثم توصل قطعة من الياقوت الصلب ، بالياقوت المصهور المشكل ، وتجذب الى أعلى ، لترفع معها جزءا من الياقوت المصهور ، فى الانبوبة الشعرية ، ليحل محل الياقوت الذى تم تشكيله ، ولتستمر العملية .

وينتج شريط من الياقوت ، وذلك بسحب الياقوت المصهور من خلال فتحة صممت لهذا الغرض ، أو فتحة فى الجزء سالف الذكر .

ويمكن لهذه الفتحة أن تأخذ أى شكل ، بحيث يخرج شريط الياقوت اسطوانيا ، أو مستطيلا ، أو على أى شكل آخر .

برنامج متقدم للتطوير :

وفى حديث أدلى به الدكتور (ملافسكى) ، بين أن البحث والتطوير الابتدائيين يهدفان الى انتاج شرائط السيليكون بنفس الطريقة التى تنتج بها شرائط الياقوت فى تيكو .

الا أن درجة حرارة السيليكون المصهور تقل عن

درجة حرارة الياقوت المصهور ، اذ أنها تبلغ ١٤٢٠ م فقط ٠

الا أن السيليكون يضيف مصاعب أخرى ، اهمها طبيعته الكيميائية المتفاعلة ، التى تسبب ذوبان عناصر كثيرة فيه ، وتكـوين مركبات كيميائية جـديدة ، مع العناصر الأخرى ٠

وينشأ عن هذا مصاعب كبيرة فى اختيـار المـادة المناسبة لصنع الأجزاء التى يمر بها ، تلك المادة التى يمكنها تحمـل عنف الانتـاج الكبير المستمر لشرائط السيليكون ٠

الا أن الدكتور (ملافسكى) قد صرح بأن الجهود الأولية كانت مشجعة تماما ، وتنبأ بأن المشكلة سـوف يمكن حلها ، خاصة عن طريق تطبيق برنامج متقـدم للتطوير ، واعتمادات تقدر بعـدة مئـات الآلاف من الدولارات ٠

خفض التكاليف :

وفى عام ١٩٧٣ ، بدأت الآلات التجريبيـة فى انتاج شرائط السيليكون البلورى ، على نطاق صغير ٠

الا أن بعض مشاكل التفـاعلات الكيميائية ، قد حالت بين شريط السيليكون ، وبين الوصول الى نوعية

ذات درجة عالية من الجودة ، تسمح باستخدامه فى الخلايا الشمسية ٠

الا أن طريقة تيكو قد بعثت الآمال في نفوس أنصار الكهرباء الشمسية ، وباتوا يعتقدون أن المشاكل الآلية يمكن حلها ، بحيث يمكن لتكاليف خلايا السيليكون أن تنخفض بطريقة درامية ٠

وعلى أساس تكلفة خام السيليكون فى المستقبل ، والتى تقدر بعشرة دولارات لكل رطل ، يرى الدكتور (ملافسكى) أن مصنعا صغيرا يضم ١٢ آلة ، سوف يمكنه أن يعمل باستمرار ، لينتج ٢٤٠٠ شريط من السيليكون عرضه بوصة واحدة ، نقى بما يكفى لصنع الخلايا الشمسية ، بتكاليف تقدر بمبلغ ١٧٫٥ دولار لكل رطل من شريط الخلايا الشمسية ٠

ان هذا سوف يخفض تكاليف السيليكون لكل كيلو واط من الكهرباء الشمسية ، الى ٩٠ سنتا ٠

وواضح أن هذا لا يشكل الا حوالى نصف تكاليف الخلية الشمسية المجهزة ، والتى يأمل الدكتور ملافسكى ، بتحفظ ، أن يمكن انتاجها بمبلغ ١٨٠ دولارا لكل كيلو واط ، باستخدام هذه الطرق الحديثة ٠

استخدام السيليكون لخزن الطاقة :

ويعتقد الدكتور (ملافسكى) ان التطوير الناجح لطريقة تيكو للانتاج على نطاق واسع ، سوف تجعل من الممكن استخدام السيليكون كمادة لخزن الطاقة ، أو بعبارة أخرى ، كوقود يمكن نقله ·

ذلك أنه سوف يكون من الممكن صناعة شرائط السيليكون (التى تصلح لصنع الخلايا الشمسية) ، فى مكان تتوفر فيه الرمال ، والطاقة الكهربية (التى قد تأتى من محطة قوى تعمل بالطاقة الشمسية) ·

وبعد الانتاج ، فان هذه الشرائط ، أو حتى خلايا السيليكون الشمسية التامة الصنع ، سوف تشحن الى محطاتها النهائية ، حيث تستخدم هذه الخلايا الشمسية ، فى تحويل ضوء الشمس الى كهرباء ·

ان هذا يشبه ، الى حد كبير ، شحن الجازولين ، والزيت ، والغاز ، أو نقل الكهرباء فى خطوط الضغط العالى ·

ويرى الدكتور (ملافسكى) أن شحن السيليكون يمتاز ، من الناحيتين الاقتصادية والبيئية ، على نقل الطاقة التقليدية ·

دائرة كاملة :

ويعطى الدكتور ملافسكى مثلا من افريقيا : فهناك

الصحراء الـكبرى الغنية بالرمال ، وهنـاك الكهرباء الرخيصة ، التى تتولد من المساقط المائية ٠

يمكن صنع شرائط السيليكون فى هـذا الموقع ، باستخدام الرمال المتوفرة هناك ، واسـتخدام الكهرباء لتسخين الأفران (لصنع الشرائط) ٠

انها دائرة كاملة ، يستخدم فيها السيليكون كوسط خازن للطاقة ٠

والسيليكون يمـكن نقله ٠ ان حمـولة لورى من السيليكون (فى صورة خـلايا شـمسية تامة الصنع) يمكن أن تولد آلافا عديدة من كيلووات الكهرباء ٠

ويضيف الدكتور (ملافسكى) أن هذا النوع من خزن الطاقة ، يجب أن يقارن بانتاج وقود الأيدروجين من الطاقة الشمسية ٠

الا أنه يرى أن السـيليكون يمتاز بقـدرة عـلى احتواء الطاقة ، بكميـات أكبر ، كمـا أنه أرخص فى نقله ، عن وقود الأيدروجين ٠

تقرير هام :

ان مجموعة من علماء الخلية الشمسية ، العاملين فى صناعة الخلايا الشمسية ، ومعهم ممثل من معمـل الدفع النفاث ، الذى تموله الحكومة الأمريكية ، قدموا تقريرا علميا عن اقتصاديات الخلايا الشمسية ، بينوا

فيه أن طريقة تيكو قد تؤدى الى صنع (قطع) الخلية الشمسية بتكاليف قدرها ١٥٠ دولارا لكل كيلوواط ، وهى تكاليف تقل مائة مرة عن تكاليف تقطيع السيليكون من مصبوبه ، والتى تقدر بمبلغ ٣٠ ألف دولار لكل كيلو واط ٠

ان طريقة تيكو قد تمد الصناعة بشريط مستمر ، يمكن أن يقطع آليا الى قطع تصنع منها الخلايا الشمسية ٠

وواضح أن هذه الطريقة أبسط كثيرا من تقطيع شرائح السيليكون ٠

كما أنها لا تحتاج الى استخدام مناشير الماس الدقيقة ٠

٢٧٥ دولارا لكل كيلو واط :

وجاء في التقرير الذى قدمه هؤلاء العلماء ، ان تطوير طريقة لصنع شريط مستمر ، هو السبيل الى صنع خلايا شمسية من السيليكون ، بطريقة اقتصادية، بدرجة أكبر ٠

ومن ذلك انتهوا الى أن اقامة خط لانتاج الخلايا الشمسية ، تامة الصنع ، قد يصبح حقيقة واقعة ، وأن عمليات عمل الوصلات الكهربية للخلية ، والموصلات ٠ والأغطية ، سوف تصبح آلية ٠

كما توصلوا الى أنه عند كفاءة تحويل مقدارها

عشرة فى المائة ، فان تكاليف الكهرباء الشمسية ، سوف تصبح ٣٧٥ دولارا ، لكل كيلو واط من سعة المحطة ، فى منطقة مشمسة ٠

منافسة لمحطات القوى النووية :

ان هذا سوف يمكن من استخدام الخلية الشمسية على نطاق تجارى ٠ ذلك لأن محطات القوى الكهربية التقليدية ، تتكلف ما بين ٣٠٠ و ٦٠٠ دولار لكل كيلو واط ٠

أما التكاليف الاضافية لخزن الكهرباء الشمسية ، لاستخدامها أثناء الليل ، فانه يجب أخذها فى الاعتبار ٠

ولكن هذه التكاليف لن تضاعف تكاليف الكهرباء الشمسية ٠

كما أنه عند انتاج خلايا السيليكون الشمسية ، على نطاق كبير ، فان الكهرباء الشمسية ، قد تصبح منافسة لمحطات القوى النووية ٠

ثورة فى عالم الطاقة

الطاقة النووية :

عنـــدما تنشـــطر ذرات العنـــاصر الثقيلة ، مثل البلوتونيوم ، أو اليورانيوم ، تتـــكون ذرات عنـــاصر أخف ، وتنطلق نيوترونات ، وكمية كبيرة من الطاقة الحرارية .

ويطلق على هذا التفاعل اسم الانشطار النووى .

وهذا ما يحدث عندما تنفجر قنبلة ذرية .

وفى هذه الحالة ، يحدث انشطار نووى متسلسل، لا يجرى التحكم فيه .

أما فى المفاعلات النووية ، فان الانشطار النووى المتسلسل ، يجرى التحـكم فيه ، بهـدف توليـد طاقة حـرارية ، يمـكن الاسـتفادة بهـا فى توليد القوى الكهربية .

وفى القنبلة الهيدروجينية ، يحدث اندماج نووى:

اذ يحدث اندماج بين نواتى ذرتين خفيفتين ، وتنطلق كمية هائلة من الطاقة الحرارية .

ومنذ أعوام ، يحاول العلماء بناء مفاعل نووى . يعمل بالاندماج النووى .

ويتميز هذا المفاعل بالوقود الرخيص المتوفر ، وعدم وجود نفايات مشعة .

الا أن العقبة الرئيسية فى سبيل هذا التفاعل ، هو جعل أنوية الذرات تندمج ، تلك الأنوية التى تتنافر عادة .

غير عملية :

ان مفـــاعلات الاندماج النووى التجريبية ، التى تجرى عليها الاختبارات فى يومنا هــذا ، تســعى الى التغلب على هذا التنافر بالقوة : ذلك أنها ترفع درجة حرارة هذه الجسيمات ، الى خمسين مليون درجة مئوية، ثم تضغطها الى كثافة عالية للغاية .

وهذا يجعل الأنوية تندمج .

ولكن هذه العملية تستهلك من الطاقة ، أكثر مما تنتج . وعلى ذلك ، فهى غير عملية .

ويرى (ستيفن دين) ، الذى يعمل فى مجمــوعة تجارية ، اسمها اتحاد طاقة الاندماج ، أن الباحثين فى

هذا المجال ، قد تقدموا مليون مرة ، خــلال الأعــوام العشرين الأخيرة ، نحو اغلاق فجوة الطاقة هذه ٠

ولكن مازال أمامهم معامل مقداره عشرة أضعاف، عليهم أن يقطعوه ، قبل أن يتمكنــوا من تحقيق فكرة مفاعل الاندماج النووى ٠

محاولات عملية :

ولاكثر من ثلاثين عاما ، حاول العلماء أن يقوموا بتقليد نفس العملية التى تحدث فى الشمس ، ألا وهى الاندماج النووى ٠

ان اندماج ذرتين خفيفتين ، ليكونا ذرة أثقــل ، ينتج عنه طاقة حرارية ، يمكن تحويلها الى كهرباء ٠

وفى سبيل الوصول الى طاقة الاندماج النووى ، قام العلماء ببنــاء أجهــزة ليزر ، تبلغ طدقتها ١٢٠ تريليون وات ، كما قاموا ببناء مفاعلات يبلغ حجمهــا حجم ١٢ قاطرة من قاطرات السكك الحديدية ٠

ولكن ، وفى هذه الأيام ، التى يبدو لنا فيها أنهم على وشك أن يجعلوا من الاندماج النووى مصدرا عمليا للطــاقة ، أعلن عالمــان من علمــاء الكيميــاء ، انهما يســتطيعان أن يحــدثا اندماجا نوويا ، فى أنبــوبة صغيرة ٠

نتائج مذهلة :

ذلك أن (مارتن فليشمان) ، الأستاذ فى جامعة (سوثامبتون) الانجليزية ، و (ب • ستانلى بونز) الأستاذ فى جامعة (يوتاه) الأمريكية ، نشرا بحثا عن النتائج المذهلة ، التى توصلا اليها فى هذا المجال •

وظهر البحث فى مجلة Nature المعروفة ، فى شهر مارس من عام ١٩٨٩ •

ومنذ أن ظهر هذا البحث ، ظلت ماكينات الفاكس، فى مراكز البحث العلمى ، تقذف نسخا من هذا البحث المنشور فى عشر صفحات ، والذى يصف كيف يمكن انتاج طاقة الاندماج النووى فى أنبوبة صغيرة •

ان هذه الفكرة قد تنجح ، الأمر الذى قد يؤدى الى « أهم اكتشاف علمى فى القرن العشرين » ، كما يقول عالم الفيزياء (فيليب موريسون) ، الأستاذ فى معهد مساشوستس للتكنولوجيا ، « وذلك اذا لم يكن هناك اكتشاف على الاطلاق » •

مزايا طاقة الاندماج النووى الجديدة :

ومن مزايا هذه الطاقة الاندماجية الجديدة ، أنها بسيطة ورخيصة •

ومثلها فى ذلك مثل الاندماج النووى التقليدى ،

نجد أنها سوف تستخدم وقودا رخيصا ، متوفرا بلا حدود ، يستخلص من ماء البحر .

كما أنها سوف تولد مخلفات مشعة ، تقل في كميتها عن تلك التي تتخلف من محطات القوى الذريه، التي تعمل في يومنا هذا ، والتي تعمل بطريقة الانشطار النووي .

كما أنها لن تنتج غاز ثاني أوكسيد الكربون ، الذي ينتج من محطات القوى التي تعمل بالفحم ، ذلك الغاز الذي يهدد العالم بارتفاع متواصل في درجة الحرارة ، الناتج عن تأثير « بيت النباتات الزجاجي » المعروف .

وبعكس الاندماج النووي التقليدي ، فإن الطريقة الجديدة تعمل عند درجة حرارة الغرفة .

وهي بذلك تقدم « تكنولوجيا يمكن استخدامها في توليد الحرارة والقوة الكهربية » كما يقول العالم (فليشمان) .

سنوات ودولارات :

لقد توصل العالمان (فليشمان) و (بونز) الى خطة لاجراء أبحاث مشتركة ، وذلك أثناء رحلات خلوية ، قاما بها في ربوع ولاية (يوتاه) ، وفي أثناء جلسات طويلة في مطبخ (بونز) .

يقول (بونز) « كانت فرصة النجاح واحدا فى البليون » . ولكن المعجزة تحدث أحيانا .

وطوال خمسة أعوام ، أنفق الباحثان مائة الف دولار ، من مالهما الخاص ، على التجارب . لقد كانا يعملان ليلا ، وفى أثناء عطلات نهاية الأسبوع .

ولكن الأمور لم تكن تسير كما كانا يشتهيان .

وفى احدى المرات ، كان التفاعل متوحشا ، وأحرق أرضية المعمل .

ولكن ، وحتى قبل أن يعلنا النتائج الكاملة لأبحاثهما ، كان الكيميائيون يهللون .

قال (تشارلز مارتن) الأستاذ فى جامعة تكساس « ان خلاصة العبقرية تحقق أشياء يراها الآخرون أمورا غريبة ومضحكة » .

وهذان الرجلان يتمتعان بمقدرة فائقة على رؤية الأشياء .

اندماج بارد :

وتتلخص فكرة الاندماج النووى البارد فيما يلى : هناك فلز فضى اسمه البالديوم ، يمكنه أن يكون مثل زنزانة سجن مزدحمة ، لذرات معينة .

يمتص البالديوم نوعا من الهيدروجين ، اسمه

الديوتيريوم ، ويحبسه في داخل تركيبه البلورى ، وتضغط أنوية الديوتيريوم بشدة ، الا أنها تبقى قادرة على الحركة ، « بحيث يجب أن يكون هناك عدد كبير من التصادمات عن قرب » ، كما يقول الباحثان (فليشمان) و (بونز) ٠

وقد تمكنت بعض تجارب الاندماج النووى البارد، من انتاج ٥ر٤ وات من القوة ، من كل وات أدخل فيها ٠

وانطلقت اشاعة عن عملية تنتج ١٠ وات من كل وات ٠

وبالاضافة الى ذلك ، تمكن هذا الفريق البحثى من اثبات تكون نيوترونات ، وعنصر التريتيوم ، وهو شكل من أشكال الهيدروجين ، يستخدم فى القنابل الهيدروجينية ٠

والمعروف أن انطلاق النيوترونات ، وتكون التريتيوم ، هما مؤشران على حدوث اندماج نووى ٠

تجارب ناجحة سابقة :

وبالرغم من هذا الشك المبكر ، فان بعض علماء الاندماج النووى ، بدأوا يؤمنون بهذا « الاندماج النووى البارد » الجديد ٠

ويرجع هذا جزئيا ، الى أن (بونز) و (فليشمان) ليسا وحدهما هما الرائدان فى هذا المجال ٠

ذلك أن هنـاك باحثين آخـرين ، يقـودهم عالم الفيزياء (ستيفن جونز) فى جامعة (بريجهام يونج) . و (جوهان رافلسكى) فى جامعة (أريزونا) ، قد راوا نوعا من الاندماج النووى البارد .

لا يعطى كثيرا من الحرارة :

ففى عام ١٩٨١ ، بدأ هؤلاء الباحثون فى تخليق ذرات هيدروجين غير عادية : لم يكن يدور حول أنوينها الكترونات ، كما هو الحال فى الذرات الطبيعية ، وانما جسيمات تسمى ميونات (Muons) .

ويقـول (رافلسـكى) « ان هـذه الميونات تمكن أنوية الهيـدروجين من الاقتراب من بعضها البعض ، بدرجة تزيد بمقدار مائتى مرة عما تفعل عادة ، بحيث تندمج فى بعضها البعض » .

ولسوء الحظ ، فان الاندماج النووى ، المحفـوز بالميونات ، لا يعطى كثيرا من الحرارة .

ولذلك ، فانه لم يصبح ، حتى الآن، مصدرا عمليا للطاقة .

كذلك ، قامت مجمـوعة (جـونز) بتجربة فكرة السجن الفلزى ، وذلك باسـتخدام عنصر التيتانيـوم ، بدلا من البالديوم .

وهم يرون دلائل واضحة على امكانية حدوث الاندماج النووى ٠

الا أنهم لم يحصلوا على انتاج حرارى كبير ، وذلك بعكس ما حدث مع (بونز) و (فليشمان) ٠

حرارة غامضة :

وحتى اذا كانت التركيبات البلورية الفلزية تجعل الأنوية تندمج ، فهل يؤدى هذا الاندماج الى توليد تلك الحرارة الكبيرة ، اللازمة لتوليد القوة الكهربية ؟

ان جميع الفرق البحثية ، التى أجريت فى مجال الاندماج النووى البارد ، لم تتمكن من الحصول على انتاج حرارى كبير ، بما فى ذلك الفريق البحثى الذى يعمل فى معمل بروكلين القومى ، فى نيويورك ، الذى نجح فى شهر ابريل من عام ١٩٨٩ ، فى تحقيق الاندماج النووى البارد ٠

ملحوظة لم تفسر :

ان العالمين (بونز) و (فليشمان) وحدهما ، هما اللذان ذكرا انتاج حرارة كبيرة ٠ فقد تمكنا من قياس حرارة تزيد بمقدار بلايين المرات ، عن تلك التى يمكن تفسيرها عن طريق الاندماج القياسى للديوتيريوم ٠

ويرى الدكتور (ديفيد ويليامز) ، الذى يعمل فى

هيئة الطاقة الذرية البريطانية ، أن هذه هي الملحوظة التي لم تفسر بعد ٠

وفي واقع الأمر ، فانه اذا كانت هـذه الحـرارة تنتج عن اندماج الديوتيريوم ، فان هذا التفاعل كان من الممكن أن ينتج عنه عـدد كبير من النيوترونات ، بحيث كان من الممكن أن يموت (بونز) و (فليشمان) نتيجة للتعرض للاشعاع ٠

ولما كان هذان العالمان مازالا يرزقان ، فان اندماج الديوتيريوم لايمكن أن يكون مصدر الحرارة ٠

واليوم نجد علماء الفيزياء في حيرة يتساءلون عن ماهية هذا المصدر الحراري ٠

ويرى (بونز) و (فليشمان) أنه يجب أن يكون عملية أو عمليات نووية غير معروفة ٠

لمدة عام كامل :

لقد تقدمت جامعة (يوتاه) بطلب لاصدار براءة اختراع عن الاندماج النووي البارد ٠

ولكن ، هل هناك شركات يهمها هذا الموضوع ؟

ان وقـود الاندماج النـوى رخيص ومتـوفر ٠ فالديوتيريوم يأتي من ماء البحر ٠

ويكلف الجـالون من المـاء الثقيل حـوالى عشرة سنتات ٠

ان نصف طن من الماء الثقيل ، يحتوى على كمية من الديوتيريوم ، تكفى لتشغيل محطة للقوى ، قدرتها ألف ميجاوات ، لمدة عام كامل ٠

عقبات أخرى :

ولكن عددا من المهندسين يتنبأون بعقبات أخرى، فى سبيل اقامة محطة للقوى ، تعمل بالاندماج النووى البارد ٠

من ذلك أن عنصر الباليديوم ، يتكلف الطن منه خمسة ملايين دولار ٠

وقد ارتفع ثمنه كثيرا منذ أن نشر هذان العلمان بحثهما عن الاندماج النووى البارد ٠

ان محطة للقوى ، قدرتها ألف ميجاوات ، تحتاج الى ٤٠٠ طن من الباليديوم ٠

ويرى عالم الفيزياء (جيرالد كولشينسكى) أن الباليديوم تقل كفاءته فى امتصاص الديوتيريوم ، وبدء عملية الاندماج النووى ، عند درجات حرارة تقترب من تلك التى تعمل عندها محطة للقوى النووية ٠

وهذا لا يعنى أن الاندماج النووى البارد ، لا يمكن أن يتم ، ولكنه يعنى أنه يجب التفكير فى عمل شىء للالتفاف حول هذه العقبة ٠

على نطاق تجارى :

ان أكثر العلماء تفاؤلا ، يرون أنه لن يمكن تطبيق الاندماج النووى التقليدى ، على نطاق تجارى، قبل ثلاثين عاما ٠

ولكن الوضع يختلف بالنسبة للاندماج النووى البارد ٠

فهناك فرق بحثية كثيرة ، تسعى الى تحقيق ذلك الاندماج النووى البارد ، بحيث أصبح هناك نقص فى عنصر الباليديوم ٠

ومن أوائل الذين تمكنوا من تأكيد الاندماج النووى البارد ، عالم الفيزياء (تيبور ستاريكسكاى) فى جامعة (كوسوث لايوس) فى المجر ، بالاشتراك مع (جيولا سيكا) ٠

ويرى هذا العالم أنه سوف يمكن الحصول على طاقة تجارية ، من هذا المصدر الجديد ، بسرعة أكبر من تلك التى سارت بها الأمور ، بعد اكتشاف الانشطار النووى ٠

الفهـــرس

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٧٨١٣ / ١٩٩٢

ISBN — 977 — 01 — 3137 — 7

تعرف الطاقة عادة بأنها القدرة على ... شغل ويتم انجاز معظم العمل ، فى مجتمعنا اليوم ، عن طريق استئناس موارد الطاقة المحدودة .

إننا نسمع كثيرا عن موارد جديدة للطاقة ، سوف تستخدم فى مستقبل الايام (مثل طاقة الاندماج النووى ، والطاقة الحرارية الأرضية) ، وذلك برغم أن العمل فى حضارة اليوم مرتبط بأنواع الوقود الحفرى (الفحم والزيت والغاز الطبيعى) ، وهى موارد للطاقة تتناقص بسرعة .



مطابع الهيئة ا.

٢٢٠ قرشا